Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Air Circulation Evaluation

Document D09

Canada

89-01908/

Building Performance Evaluation Series

Air Circulation Evaluation

Document D09

AES 1-4:86-29

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada | Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title Air Circulation Evaluation	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-29
	3. Date March 1988
4. Author(s) B. Tilley	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D09
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-456, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 32
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

Methods of assessing air circulation patterns are described for three stages of investigation, from preliminary assessments using smoke pencils to in-depth investigation using full imaging infrared systems. Procedures are given for tracing local air flow patterns around workstations as well as large scale circulation patterns in open office areas. Equipment required is listed, limitations of the techniques are discussed and background information is included.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D09b	21. Price

TABLE OF CONTENTS

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	Purpose and Objectives	1
1.2	Background Information	1
2.	**TERMS OF REFERENCE**	2
2.1	General Framework	2
2.2	Limitations of Evaluation Technique	2
3.	**METHODOLOGY**	4
3.1	Stage I – Preliminary Assessment (Introduction)	4
3.1.1	Description of Techniques	4
3.1.2	Equipment	4
3.1.3	Detailed Procedure	4
3.1.4	Assessment	6
3.1.5	Resource Allocation and Timing	6
3.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	7
3.2.1	Method A	7
3.2.1.1	Description of Techniques	7
3.2.1.2	Equipment	7
3.2.1.3	Detailed Procedure	7
3.2.1.4	Assessment	10
3.2.1.5	Resource Allocation and Timing	11
3.2.2	Method B	11
3.2.2.1	Description of Techniques	11
3.2.2.2	Equipment	11
3.2.2.3	Detailed Procedure	11
3.2.2.4	Assessment	12
3.2.2.5	Resource Allocation and Timing	16
3.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring	16
3.3.1	Description of Techniques	16
3.3.2	Equipment	17
3.3.3	Detailed Procedure	18
3.3.4	Assessment	20
3.3.5	Resource Allocation and Timing	21

4.	**REFERENCES**	*23*
5.	**APPENDICES**	*24*
5.1	Standard Terms and Units of Measurement	*24*
5.2	Governing Authorities and Regulation	*24*
5.3	Micro Air Circulation Testing Using Nitrous Oxide as a Tracer Gas	*26*
5.3.1	Description of Technique	*26*
5.3.2	Equipment	*26*
5.3.3	Detailed Procedure	*27*
5.3.4	Assessment	*29*
5.3.5	Resource Allocation and Timing	*31*
5.4	Buildling Performance Evaluation Document List	*32*

LIST OF FIGURES

3.2.1	Air Flow Patterns Derived Using Smoke Pencils	*9*
3.2.2	Floor Plan Showing Macro Air Circulation Patterns	*14*
3.3.1	Micro Air Circulation Test Using Sulphur Hexafluoride	*22*

LIST OF TABLES

3.2.1	Comparison of Air Circulation, CO_2, Particulate and Organic Levels	*13*

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE AND OBJECTIVES

Evaluating air circulation is one of the steps required in classifying the condition of a building's interior environment. The measurement of air movement patterns provides an understanding of the source of air in a workspace, helps define the extent to which a space is subject to stagnation or flushing, and provides information for the assessment of air leakage, pollution migration and ventilation rates. All these in turn may lead to explanations for complaints from the occupants, and to proposals for solving the problems.

Air circulation evaluation provides an assessment of air movement within an office workspace. Usually of concern is the path or migration of supply air after it leaves the diffuser, enters the office area and moves through the space. During the design of the mechanical system the supply requirements are determined. Through the use of pressure or air balance meters, the actual flow rates through the diffuser can be determined. Once the quantity requirements have been satisfied, it is important to then determine where the supply air is actually moving within the office. This latter action, as described in this technique, is necessary to determine if the supply air is mixing well, and is received by the occupant in a thermally comfortable manner.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

Air flow patterns, particularly in large buildings using non–ducted returns, can be substantially different from those envisaged in the original design. This difference could result from building parameter variations such as on–site construction decisions; installation details, particularly with respect to sub–trade conflicts; actual versus planned system operation levels (eg. HVAC system pressures); space usage; and population changes.

Examination of the air circulation patterns is an important component of the overall assessment of the mechanical system's performance. The patterns are affected by the temperature of supply air, the flow rate, the return air path and driving force, the diffuser size and type, vane setting, the office configuration and the office furnishing density and arrangement. The air circulation results may also give insight into the results obtained from the air quality analysis and the occupants' questionnaire. Air circulation visualization results can often be correlated to local ventilation rate measurements and pollution migration findings.

Changes in patterns from the designer's original intentions are not necessarily harmful or inefficient. To assess the building and occupant workspace, it is necessary to have a full appreciation of the overall air flow characteristics. This knowledge can be used to explain perceived problems with air flow, ventilation, temperature, air quality and pollution migration and to help devise solutions to these problems. It is also necessary to have an understanding of how existing patterns will be affected by possible solutions to problems not directly related to air movement.

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

In an evaluation which assesses air quality, mechanical system efficacy and functional optimization, it is necessary to have a sound basis for judging the quality parameters. This basis depends upon methods which characterize the entities making up the total occupant environment. The method described here characterizes the movement of air in and through workspaces.

When available, the results of thermal comfort and air leakage tests, carbon dioxide and particulate level measurements, pollution migration evaluation, and ventilation rates should be incorporated into the air flow pattern evaluation.

2.2 LIMITATIONS OF EVALUATION TECHNIQUE

These evaluation techniques are not intended to provide the client with air supply volumes, or rates of ventilation, air leakage or air exchange. They are designed to determine where the air is moving after it is introduced into the workspace.

Weather conditions, the condition and operating mode of the mechanical systems, seasonal variations, the population density and the work load at the time of test, and the workspace configuration (e.g. position and height of screens) must be considered to properly assess the results and intelligently discuss them.

In determining patterns of air movements, it is necessary to test sample spaces then extrapolate the results to include similar spaces in the building. This is frequently necessary because of time and resource limitations. The practice, to date, has been to select a limited number of test locations which appear to be representative of the various environments found in the building. In selecting the workspaces to be evaluated, the factors to be considered include size of space, HVAC system type and zone, population density, furniture size and layout, neighbouring space characteristics and interactions, equipment density, elevation, complaint record and function type. Areas tested should include:

- open–plan offices (perimeter)
- open–plan offices (interior)
- closed offices
- special–use facilities in which solvents or gases are used or produced.

As we progress through the three levels of assessment, greater weight is given to the results of other tests. When available, the results of thermal comfort, air leakage and ventilation, tests, carbon dioxide and particulate level measurements, and pollution migration evaluation should be incorporated into the air flow pattern evaluation.

The Stage III micro air circulation analysis technique is restricted in its application. The results are two–dimensional, while the actual patterns of air flow are three–dimensional.

The background heating panels that must be used with the nitrous oxide tracer gas technique cause convective cycles that may not be typical for the space. This is particularly true at perimeters where baseboard heaters or radiators are used. As well, in small offices the heat buildup caused by the panels will effect the results.

3. METHODOLOGY

3.1 STAGE 1 - PRELIMINARY ASSESSMENT (INTRODUCTION)

3.1.1 Description of Techniques

Depending on the purpose of the investigation, a preliminary assessment may incorporate a plan/archive review, a walkthrough of the building, the solicitation of occupant responses, and building management interviews. It provides a general feel for the building's characteristics and its history of performance.

The expert walkthrough can provide a fast, inexpensive, yet sensitive and logical appraisal of a building's air circulation characteristics and effectively targets more detailed investigative methods. It may be conducted as part of a more broadly based walkthrough assessment of a building's total performance. The walkthrough depends on observation of environmental parameters, building use, and material and system performance. Limited measurements can be made at this time to obtain additional information as required.

A survey can be used to elicit the occupants' perception of their environment and how their needs are being met, and the building's ability to support the occupants and their activities. The functional science group is responsible for the test methods used. Together with the air circulation specialist, they distinguish air circulation effects from other parameters.

3.1.2 Equipment

Portable equipment would be used in the walkthrough to provide a preliminary assessment of air circulation within the building. This equipment would include smoke pencils and an anemometer. Refer to section 3.2.1.2 for a detailed description of this equipment.

3.1.3 Detailed Procedure

For the plan/archive review, the following recorded material is examined:

1. building size, shape, orientation and location;
2. division of building interior (e.g.: small closed spaces, large open spaces, small floor areas);
3. type and size of mechanical system(s) (e.g. hot water heating, induction system, ducted returns);
4. a review of the latest mechanical systems balance report to determine if any changes have occurred in space layout since the system was last balanced;
5. a study of changes (which may prove to be cyclic) in building functions, population and activities;
6. energy consumption, particularly with respect to year–to–year and season–to–season variations and to deviations from the original estimated consumption; and
7. reports of complaints and problems with respect to air movement, air staleness, odours, temperature and drafts and conditions when the complaints made (e.g. windy day, warm day), and of the attempts to control these problems.

Checklists are used in the plan and archive review and should be retained in the study files.

For the walkthrough, the evaluation team makes a thorough inspection of the building, accompanied by the building manager, the building operators and the client accommodation officer, who relate any specific items of concern. The team uses the list below to determine and record these conditions for all major building spaces:

1. building size, shape, orientation and location;
2. division of building interior (e.g.: small closed spaces, large open spaces, small floor areas);
3. type and size of mechanical system(s) (e.g.: hot water heating, induction system, ducted returns);
4. thermostat locations, settings and readings, if available;
5. relationship of air outlets and inlets to the workstation spatial layout;
6. movement and temperature of air at doorways, archways and entrances;
7. source of odours;
8. perceived freshness or staleness of air in workspaces;
9. devices such as strips of paper installed by occupants to monitor air flow at outlets;
10. contrivances such as taped-over air outlets or blocked radiator grilles;
11. number and location of auxiliary air-moving devices such as desk fans,stand-alone fans and desk-top electronic air cleaners;
12. population and equipment densities throughout the building;
13. indication of smokers and their locations;
14. general workspace and building housekeeping levels;
15. occupant clothing levels, including some indication of the number of extra pieces of clothing such as sweaters and jackets hung over chairs and on racks;
16. activity levels and variations of levels throughout the building.

If a detailed occupancy and use analysis is required, a questionnaire is normally used. The questionnaire distributed to the occupants asks about the quality of air in their workspace. Specifically, the occupant is asked to rate the air freshness, the degree of air movement, the temperature of the space, the overall quality of ventilation, and whether and to what degree odours are a problem. The functional science group selects those to receive the questionnaire, ensuring that the sample size is large enough to permit comparisons among the various building zones, (i.e., perimeter, interior, open,closed), mechanical system zones, elevations, activity level, function, and equipment and population densities. Sample sites may be selected based on the results of the plan/archive review and the walkthrough.

The study team should note:

1. occupants' clothing level
2. occupants' use of fans and other air-moving devices
3. number and location of smokers
4. occupants' attempts to monitor and control their own environment

During interviews, the building operators and organization management are asked to give their own views; their perceptions of the workers' opinions; of air movement and circulation characteristics and their identification of mechanical system characteristics likely to affect air movement.

3.1.4 Assessment

The plan/archive review is normally conducted before the walkthrough and its purpose is to become acquainted with the building and to locate any problem or potential problem areas. The walkthrough would then serve to confirm or contradict the findings of the plan/archive analysis and to locate additional problem areas.

At the end of the walkthrough, the observers' summarize their perceptions in writing. They prepare descriptions of individual areas as well as of the building in general. In addition, comparisons are made with the material from the plan/archive assessments and with information from the building operators. A subjective ranking of the building's air quality and in movement is made. Areas where the quality of the air is suspect are identified.

All observation checklists, notes and reports should be retained.

If the questionnaire is used, the functional science group evaluates the test results and provides the environmental science group with rating percentages by workgroup, by mechanical system zone, and by elevation, as well as a list of environmental concerns ranked in order of perceived importance. The air circulation specialist studies the results, refines them, and compares them with results of plan/archive review and walkthrough if any are available. The results of the study may also be compared to results for similar buildings.

The documentation necessary for the occupancy and use analysis is included in the functional science group's evaluation technique descriptions.

The original questionnaire responses from individual workstations are to be retained for subsequent review, as are reports generated by the study team. See documents D20 to D24 in this Series.

3.1.5 Resource Allocation and Timing

If all recorded material is available for the plan/archive analysis, a two–person team should be able to conduct the review in one working day.

The walkthrough itself takes 2 people about a day in a building of 20,000 m^2, and the subsequent report 1 days. Discussions, interviews, call–backs and research into existing materials may take a further half day.

The required resources of occupancy and use analysis are included in the documentation of the functional science group. The air circulation specialist's input to planning, evaluation, consultation and the preparation of the final report usually takes about four days.

3.2 STAGE II - SIMPLE MEASUREMENT TECHNIQUES

3.2.1 Method A

3.2.1.1 Description of Technique

One of the two simple measurement techniques involves the use of smoke pencils and an anemometer to observe and record the type and extent of air flows. This technique can be used for both the micro, or local air movement at an individual workspace level and also large scale, building wide patterns (macro).

The air supply diffusers and any return grilles are located and noted. At least one representative sample of each type of workspace area is studied. To establish air circulation patterns, the smoke pencil is used throughout the space at a number of positions and levels, depending on the size of the space, the flow patterns and the speed of flow. Sketches of the flow patterns are made using floor plans and elevations, the number depending on the complexity of the patterns.

3.2.1.2 Equipment

Testing requires smoke pencils, an anemometer, a clipboard, tape measure and floor plans. The quantities depends on the extent and detail of the study, the size of the building and number of people involved in the test.

Item 1: Smoke Pencils
One manufacturer calls these air current testers. Building Performance uses the Drager or Gastec tubes. Copies of Drager's disposal instructions are available.

Item 2: Anemometer
The handheld anemometer must be accurate at normal room air movement speeds of 0.05 m/s to 0.50 m/s. Accurate measurement below 0.05 m/s is not easily available and is of limited value where air speeds are so easily affected by minor influences such as the test technician's presence. Kurz Model 1440-M or TSI Model 1640 anemometers are suitable.

Item 4: Floor Plans
For convenience, the plans should be reduced to standard letter-size sheets, with major physical boundaries illustrated with a grid system (preferably the standardized column numbering system for the building).

3.2.1.3 Detailed Procedure

Conduct this procedure during working hours with normal occupancies and with the HVAC system in a standard operational mode. Although occupancies and heating and cooling loads can and will vary during the year, conduct the tests when conditions are normal for the time of year.

First study the drawings, complaint records and results of previous investigations, and prepare a list of test sites. Normal targets are areas of high complaint and control areas

of low complaint, doorways, archways and openings. Test sites must be drawn from areas of different population density,and from different floors, building elevations, and mechanical zones. Zones with known operating abnormalities, such as operating pressures lower or higher than other systems in the building, should be included.

Macro air flow using smoke pencils can be traced by releasing the smoke and noting the direction of flow. Move approximately 3 m in this direction and release additional smoke. If the direction of flow differs, move back closer to the original location to find the point of change.

Release a line of smoke from floor to ceiling at openings and doorways. Note any differences in direction of flow and the approximate height at which the separation occurs. An anemometer can be used to note air speeds in these areas or where there is a noticeable draft.

Mechanical system zones and distinct physical spaces should be checked both at their edges and at the centre. Record times and dates of testing along with the technician's name.

Sketch the observed air flows on the floor plans, adding exterior weather condition information such as the wind strength and direction and note the mechanical system operating conditions. Where conditions warrant, elevations or profiles of the space may be required to clarify more complex patterns. Figure 3.2.1 shows a simple example of a floor plan with air flow patterns determined using smoke pencils.

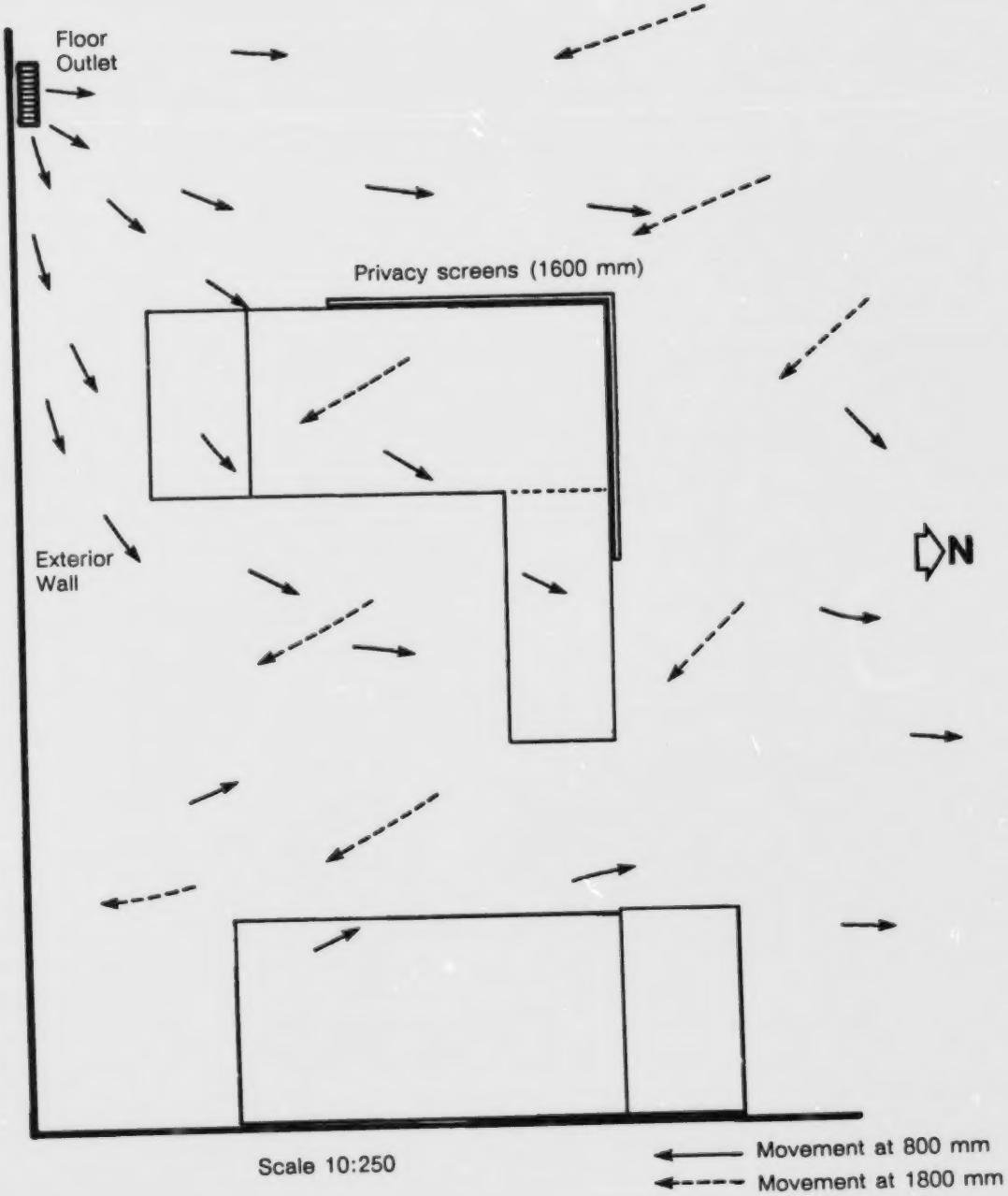


FIGURE 3.2.1: Air Flow Patterns Derived Using Smoke Pencils

For single workstations use the following procedure:

1. Prepare a sketch of the workstation being tested, indicating the positions of the air supply diffusers and the returns.
2. Release a puff of smoke near the diffuser.
3. On the sketch, trace the air pattern followed by the smoke.
4. Measure and record the air flow rates at the outlet of the diffuser using the anemometer. It should be noted that this will not give the overall air flow from the diffuser but may be used to compare other diffusers within the building.
5. Release subsequent puffs of smoke at the location where the smoke has dispersed and is not readily visible. Emit smoke at several levels from floor to ceiling and at regular intervals around and throughout the space.
6. For closed offices, conducted 2 tests (1 with the door closed and 1 with the door open).

Precautions:

1. Do not inhale the smoke, as it can cause irritation.
2. When releasing the smoke, take care that the air pattern is not affected by body placement or movement, or by the angle of the pencil itself.
3. Upon completion of testing, neutralize the air current tubes according to the manufacturers instructions before discarding them.

3.2.1.4 Assessment

Sketches must be produced, indicating the overall pattern – if there is one – as well as major and local patterns. Workstations that are part of a study sample, or that represent points where specific interactions and problems have been identified, should be specifically labeled on the sketches. The sketches must be accompanied by a written description of both exterior and operating conditions at the time of the test.

It is then necessary to assess what problems the patterns might be causing for the occupants. Large pockets of stagnant air usually indicate poor ventilation. To establish the effectiveness of the ventilation system, it is necessary to study the micro scale air circulation patterns at the individual workstations. This can be accomplished by either using the smoke pencil or the thermographic tracer gas technique outlined in section 3.3.

It is important to consider the effects of the patterns on the downstream occupants, some of whom may be receiving used air. This is especially important if the used air originates in areas where smokers work. However, measure the micro air patterns from local outlets before drawing final conclusions. Air flows from loading doors, kitchens, washrooms, print rooms and the like are possible sources of poor air.

All annotated floor plans, sketches and written notes should be retained in the project files.

The results of the assessment are normally presented in a project memo that includes schematic diagrams of the air circulation patterns.

3.2.1.5 Resource Allocation and Timing

This type of evaluation on a building of 10,000 m^2 consisting of about 75% open space can be conducted by one person in one working day. The air patterns can be sketched and notes written in another half working day. The total time involved, including evaluating the results of other studies, should not exceed 1 person–week.

3.2.2 Method B

3.2.2.1 Description of Technique

The second simple measurement technique studies the macro, or large scale air movements in a building using neutral buoyancy balloons released at predetermined locations. This technique is better utilized in large open areas whereas the smoke pencils may be used when there are a large number of screens or closed offices.

3.2.2.2 Equipment

Evaluating macro air circulation patterns requires, in quantities appropriate to the scope of the study, the size of the building and the number of technologists:

1. metal foil balloons
2. compressed helium
3. smoke pencils
4. wheeled cart
5. building floor plans
6. tape and paper clips
7. clipboard

Item 1: Metal foil balloons – minimum diameter of 300 mm and identified with large clear numerals.

Item 2: Compressed helium – available in a disposable, low–pressure canister, or in a medical or standard high–pressure cylinder. The latter two require a pressure regulator with a tapered hose connector adapter, a cylinder wrench and Teflon tape. The cylinder must be secured by either a heavy–duty cylinder bench clamp or a four–wheeled hand truck with securing straps.

Item 3: Smoke pencils – see section 3.2.1.2.

3.2.2.3 Detailed Procedure

Although occupancies and heating and cooling loads usually vary during the year, the tests should be conducted when building conditions are normal for the time of year, and during normal working hours.

The technologist first studies the drawings and complaint records to derive a list of test sites, using the same criteria as described in 3.2.1.3. Mechanical system pressures should be known before the tests begin, to permit a choice of test locations thus ensuring a selection of "normal" and "abnormal" conditions.

The air movement patterns of perimeter areas with separate heating and cooling systems should be documented twice, once with the cooling systems on and once with the heating system on. Wind strength and direction outside the building must be noted.

Inflate the balloons with compressed helium. Add tape and paper clips as needed to maintain a neutral buoyancy.

Release about 6 balloons from as near the occupants' positions as practical, at seated head height (1100 mm above the floor). Trace their direction, height and speed on the appropriate floor plans and write in any relevant information. Record times and dates of testing, along with the technologist's name.

N.B. The buoyancy of the balloon is highly sensitive to minor variations in air temperature. This can give rise to false indications of vertical air currents as the balloon passes from one temperature to another; e.g., from a central area to a perimeter area. Caution must be exercised in interpreting vertical movements of the balloon.

How long each balloon is allowed to drift depends on its movement. Free any balloon that becomes trapped by furniture, except when it reaches an air inlet.Use smoke pencils to confirm air currents and to identify cross-currents, flow separations and movement through openings such as doors and hallways. Use the same method to spot-check the flows in large open areas, corridors or any other areas where further clarification is required.

Apparent air return paths may indicate undocumented changes made to the building. To confirm this, it may be necessary to trace the suspicious paths visually. Note any conclusions on the plans.

Figure 3.2.2 is a typical simplified floor plan showing large-scale air movement patterns.

3.2.2.4 Assessment

The technologist analyses the air currents traced on the floor plans to establish overall patterns. He sketches these, and adds descriptions of the weather and mechanical system operating conditions at the time of the test.

All results are recorded on annotated floor plans and compared to expected findings and the results of other evaluation techniques, such as:

1. pollution migration evaluation
2. carbon dioxide evaluation
3. particulate level evaluation
4. micro air flow pattern definition
5. air leakage tests
6. mechanical system tests
7. ventilation rate evaluation
8. thermal comfort evaluation.

See section 3.2.1.4 for further discussion of possible problem areas.

A table such as the one following may be useful to link test results, and should be included.

Site	CO_2 (PPM)	Particulates (mcg/m^3)	Organics	Air Circulation	Comments
1	640	127		dead spot	complaints
2	560			some air movement	
3	500	58		air movement	complaints
4A				air movement	
5		58	above average	some air movement	
7				air movement	complaints
9		93			
19/33		116		dead spot	complains
22	640	69	above average	dead spot	
24	640	69	above average	dead spot	
26		150	above average	air movement	complaints
31A	520–580	116		some air movement	
34	640			dead spot	complaints

TABLE 3.2.1: Comparison of Air Circulation, CO_2, Particulate and Organic Levels

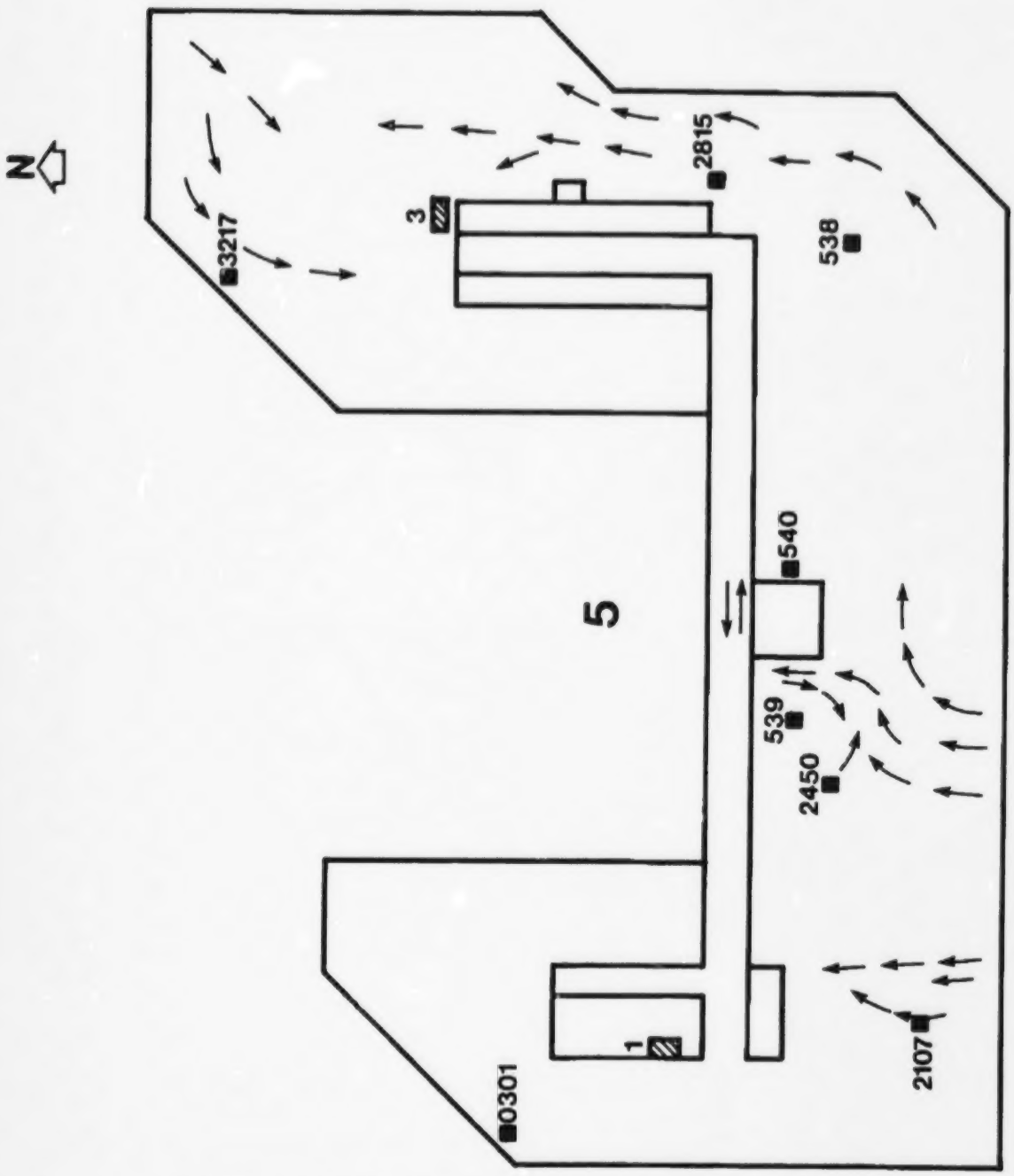


FIGURE 3.2.2: Floor plan showing macro air circulation patterns

The results must address all the following parameters, even though they may not all be factors in any given building:

1. general air flow patterns in the building and explanations of mechanisms that caused the patterns
2. exceptions to the general flow patterns and discussion of reasons
3. comparison of patterns in interior zones with those in perimeter zones
4. discussion of observed versus expected patterns
5. discussion of the effect of strength and direction of wind on interior air flow patterns
6. discussion of the effects on air flow patterns of any discrepancy between the mechanical system's designed and actual operating condition
7. the operating schedule and degree of use of loading dock doors, entrances and exits, equipment delivery and removal doors; the degree to which floor-to-floor exchanges are permitted by elevators; and the effects of all these factors on flow patterns.

Along with the findings, floor plans (preferably 8 in x 11 in) must be included with clear and concise descriptions of major structural entities and sketches of the flow patterns. Elevations to delineate complex patterns across the space must also be produced.

Each report should include a series of overlays of floor plans, showing mechanical zones, workgroups and air circulation patterns. Smoke baffles and diffuser layout patterns should be indicated. Carbon dioxide concentration (in contours if possible) overlaid on return air paths would be of interest. A chart for the overall building should be included, showing population density in square meters per person by workgroup, by mechanical zone, by floor and by other major physical separations such as corridors. Ideally, include the amount of fresh air supplied by the HVAC system, the designed supply quantities and ASHRAE requirements all per occupant in either this chart or in another broken down in the same fashion. This provides a quick reference for all disciplines attempting to make comparisons and correlations.

Following is a discussion concerning the conclusions to be drawn from the findings.

Air return paths may be found that are not as expected. Often this is the result of holes in partitions – either above or below (or both) suspended ceilings – construction or extension of partitions, furniture arrangements in long high barriers, faulty fire dampers or construction or installation of devices, such as vertical file elevators, that leave floor-to-floor openings.

Sometimes the original construction prohibits the return air flow from assuming the anticipated pattern. This can result from on-site construction decisions, or from a lack of coordination among the various system designers and construction trades. While patterns may not conform to those originally conceived, the actual circulation routes are not necessarily less effective. Their documentation, however, is necessary in order to gain a fuller appreciation of the existing building operation, to identify potential problem areas and to allow accurate assessments of the effect of any contemplated retrofit work.

Any recommendations arising from this evaluation should include a description of proposed path changes along with the rationale and anticipated benefits, and the effects

on other environmental parameters such as thermal comfort or acoustics. As well, guidelines for maintaining the quality of the environment beyond the term of any retrofit actions should be included. An example would be advice concerning the best orientation of screens or rows of cabinets to minimize harmful effects.

Recommendations to maintain the status quo are valid.

3.2.2.5 Resource Allocation and Timing

A two-person team is normally required to ensure accurate data recording in a reasonable period.

It is estimated that an in-depth exercise of the type described here requires one-half day per 10,000 m^2. This varies according to the characteristics of the interior, i.e., the ratio of open space to closed offices, the number of corridors and openings, and the number of samples.

The report must incorporate any available results of other tests and requires approximately 4 person-days to write.

For a building of approximately 10,000 m^2 the total manpower requirement is 7 working days, not including consultation, typing or printing time.

3.3 STAGE III - SPECIALIZED IN-DEPTH MONITORING

3.3.1 Description of Techniques

Micro air circulation testing detects patterns in a workspace without affecting the air flow. This test will check whether the supply air is mixing well, is received by the occupant in a thermally comfortable manner, and is exhausted to the return air plenum.

A small amount of tracer gas (either sulphur hexafluoride, SF_6, or nitrous oxide N_2O) is injected into the HVAC system near the workstation. The tracer gas absorbs infrared radiation and, when viewed through an infrared scanner, will cloud or mask the signal from the objects behind it. When the tracer gas carried by the supply air enters the space, an image of the pattern of supply air distribution is created on the scanner display which can be recorded. Subsequent processing can be used to enhance the image. Both N_2O and SF_6 are desirable tracers since they are readily available, only slightly heavier than air, detectable with an infrared imaging system, and non-toxic and non-flammable at low concentrations.

Sulphur hexafluoride has one advantage over nitrous oxide – it absorbs radiation in the wave-length range of radiation from objects at normal room temperature, thus eliminating the need for a heated background as is required with nitrous oxide.

The choice of N_2O or SF_6 is basically determined by the answers to the following questions:

1. Is a long wave or short wave scanner available? If only a short wave scanner is available N_2O must be used, if only a long wave scanner is available SF_6 must be used. If both are available, other considerations listed below will determine the choice.

2. Will a heated background influence the circulation pattern in the areas of interest? (e.g. in a small office area vs. an open office area.) If it will, use should be restricted to the long wave/SF_6 combination where a heated background is not required.
3. Is image processing available? This will be required if SF_6 is to be used without a heated background.

The major piece of equipment that is required in air circulation visualization using sulphur hexafluoride is a long wave thermographic system. The scanner is able to detect thermal radiation that is emitted within the electromagnetic spectrum between 8 and 12 microns. It is within this band width that sulphur haxafluoride absorption peaks. In other words, if this gas is present in the atmosphere between an object and the camera, the strength of the signal received by the camera will be reduced, therefore the thermal image that would normally be observed will be obstructed and a dark image of the gas will appear.

The image can be recorded and digitally processed in such a manner that the background is subtracted, leaving just the pattern of the gas.

The technologist must be able to evaluate the detail necessary in the actual field work to be reasonably certain his findings are accurate. The complexity of the flows is the decisive factor in this process.

The field team should include a trained thermographer when this technique is used.

If a heated background is used either with SF_6 or N_2O, image processing is not required and the technique may be simplified considerably. However, in most cases it is desirable to avoid the use of a heated background. Therefore, the following subsections describe the technique which uses SF_6 and a long wave scanner without a heated background. The technique which uses N_2O, a short wave scanner and a heated background is described in section 5.3.

3.3.2 Equipment

Determining micro air circulation patterns requires:

1. Long-wave Thermovision* Model 782 scanner and display c/w lens and tripod
2. Viewscan* Scan Converter SC700 with power cord
3. Viewscan IMAGPAC* digital image recording system with bubble memory cassettes
4. Interconnection cables
   - 780 to SC 700
   - SC 700 to IMAGPAC
   - SC700 to VCR (BNC to BNC)
5. Wheeled cart
6. 10 m Thermovision extension cable
7. 1 L and 10 L liquid nitrogen containers
8. ** Standard video tapes and portable video cassette recorder (VCR)
9. Portable video monitor (monochrome) and cable to connect to VCR
10. Sulphur Hexafluoride (SF_6) cylinder (lecture bottle size)

11. Needle valve for SF_6 cylinder. Larger size cylinders may be used but a 2 stage pressure regulator will be required rather than a needle valve.
12. 6 mm inside diameter plastic tubing (15 m)
13. 4 floodlights and stands
14. Cylinder cart
15. Cylinder wrench
16. Duct tape, Teflon tape, black electrical tape and aluminum tape
17. Drill – 12 mm bit
18. Log-book
19. Drawings showing layout of workstation, thermostats and control box
20. 15 m extension cords (3 receptacle)
21. Air flow hood
22. Thermal anemometer
23. Lab stand, clamps, twistcocks
24. 2 m step ladder
25. Thermostat key

* Thermovision is a registered trademark of Agema Infrared Systems. Viewscan and Imagepac are trademarks of Viewscan Limited.

** Optional.

3.3.3 Detailed Procedure

1. Before testing, examine the workstation to locate the diffuser, the air returns, the thermostat and the terminal box.
2. Move the equipment to the workstation. Drill a hole in the supply duct at least 0.5 m from the diffuser, install the plastic tubing in the centre of the duct facing into the flow and tape it in place. For large ducts, it is best to attach the tubing to a small diameter metal tube pre-drilled at 150 mm centres and insert this into the duct. This is to encourage more even distribution of the gas in the duct. Run the tubing out of the ceiling at least 6 m from the test area. Replace the ceiling panel, being careful not to pinch the tubing.
3. Install the pressure regulator on the tank of SF_6, following the instructions supplied by the regulator manufacturer. Use Teflon tape on the threaded joints.
4. Install two 25 mm wide aluminum strips horizontally on the wall of the work station at 1700 mm and 1100 mm above floor height to act as height gauges within the image. These heights represent the average standing and seated head heights. If there is not a convenient wall in the background of the workstation, aluminum strips can be put on a coat tree or similar device placed in the scanner's field of view.
5. Mount the 782 scanner on the tripod and set the aperture to 1.8.
6. Fill the scanner dewar with liquid nitrogen, following the normal safety precautions to prevent skin and eye burns.
7. Locate the scanner so that it is facing the area of interest. It should be located as far away as possible to include as wide a field of view as possible. Raise the scanner high enough to ensure that the ceiling and 1700 mm reference mark are within the field of view.

8. Move the cart supporting the other equipment away from the test area and out of the scanner's field of view. Locate the cylinder of SF_6 beside the cart. Attach the plastic tubing from the ceiling to the regulator and use black electrical tape around all tubing connections.
9. Attach the batteries or power supply to the Thermovision display and plug in the scanner cable.
10. Plug the Scan Converter into the accessory jack of the Thermovision display.
11. Plug the IMAGPAC into the Scan Converter and insert a bubble cassette recording cartridge into the IMAGPAC.
12. Attach the battery to the Scan Converter or the 120 volt power supply to the IMAGPAC (but not both).
13. Attach the video cassette recorder to the Scan Converter and insert a videotape.
14. Set up the four floodlights behind the scanner so that they are lighting up the field of view as uniformly as possible.
15. Turn on the Thermovision.
16. Turn on the Scan Converter.
17. Turn on the VCR, plug the microphone in to the VCR.
18. Set up the Range and Level on the Thermovision in order to optimize the contrast of gas (cool) against the background (hot). The background should be set at a relatively high grey level (80% or better).
19. Set the VCR to 'Record' and, using the microphone, record the date, test number, test location, etc. on the video tape.
20. Record one image on the IMAGPAC.
21. Close the pressure regulator outlet needle valve, close the intermediate pressure regulator valve and open the SF_6 cylinder outlet valve. Adjust the intermediate pressure regulator to set the outlet supply pressure to the lowest on the gauge. Open the needle valve just until the sound of the SF_6 escaping is audible.
22. Record images on the IMAGPAC at equal time intervals (e.g. once every three seconds).
23. When steady state conditions have been reached, shut off the gas but continue recording until the tracer gas clears.
    (In order to allow subsequent image processing, it is essential that the scanner not be moved and that all settings on the equipment remain unchanged throughout the test.)
24. Connect the monitor to the VCR and check that both the taped images and the bubble cassette images have been recorded properly.
25. Measure the average air flow at the diffuser with an air flow hood. Alternatively, use a hot wire anemometer at four points over the length of the diffuser, then measure the outlet area of the diffuser to determine the rate of air flow.
26. Reduce the air supply rate (with a variable air volume system, raise the set point of the controlling thermostat). Wait until a good background pattern has been completely restored, and repeat the test from step 19. Ideally, 3 tests should be conducted at each diffuser location – one at maximum, one at minimum and one at intermediate air flow. This allows the operator to establish whether the air circulation pattern changes over the total range of air flows.

27. Record the following information in the logbook;
    - name of building
    - date and time
    - operator(s)
    - workstation number
    - sketch of workstation showing location of diffuser, layout of office furniture, and the scanner
    - special conditions (i.e. office door open, partition raised off the floor, supplementary fan on)
    - bubble memory cassette and video cassette numbers for each test as well as type of test, and the VCR counter numbers
    - diffuser air measurements.
28. Upon completion of all tests, disassemble all equipment. Place duct tape securely over the drilled hole in the supply air duct.
29. Remove the SF_6 regulator and replace the cylinder cap when changing locations. This is especially important when moving in an elevator.

A similar method which can be employed together with the above, or as an alternative, is to introduce the tracer gas at the occupant's location, at either seated or standing head height. Most of the steps outlined are the same, except that the tubing from the SF_6 cylinder is supported and terminates at the point where the station occupant usually works.

A second variation is to use a stand and a series of outlets (at heights of 100 mm, 600 mm, 1100 mm and 1700 mm from the floor) to dispense SF_6 in a vertical array.

3.3.4 Assessment

The information that is collected is stored in two forms –

- a continuous moving image on video cassette (there are pauses in the motion indicating the points at which digital images were recorded with the IMAGPAC), and –
- still images recorded digitally on the IMAGPAC bubble memory cassettes.

The latter are the more important and are the main material used in subsequent analysis. This is why the videocassette recorder is indicated as being optional on the list of equipment in Section 3.3.2. Nevertheless, the videocassette images can provide useful links between the digital images and can be very helpful in visualizing what is actually happening in terms of air flow patterns.

The first step in the analysis process is to transfer the images from the bubble cassettes to IBM–PC format diskettes. This is done by connecting the IMAGPAC to the serial port of an IBM–PC (or compatible) computer and using the transfer routine of the Pericolor II Image Processing System software.

Next, the images are enhanced using the Pericolor II System. For each set of images from a single set–up, the original background image (Step 20, Section 3.3.3) is subtracted from all subsequent images. The resulting images show only the tracer gas and background noise. If the background noise is significant, the smoothing option is used to minimize random noise and make the tracer gas pattern appear more uniform.

A height scale, the elapsed time between images, the building name and the workstation number should then be coded onto the image and a hard copy produced.

When reviewing the images, consider the following points:

1. the time taken to reach a steady state
2. whether the patterns of air supply are diffuse or direct
3. the depth of penetration of air supply
4. whether any supply air moves directly into the return air plenum without moving into the occupied space
5. whether there are differences in flow patterns when diffusers are adjacent to one another, within 3 m, or more separated
6. the flushing characteristics of the pattern in a space, that is whether the workstation is cleared of SF_6 quickly and evenly, at different rates for different areas, or not at all.

Having considered the above points, the operator should be able to answer the following questions:

1. Is supply air getting down to the level of the occupant?
2. Is the manner of discharge from the diffuser likely to be thermally comfortable (i.e., not direct and forceful)?
3. Is the supply air mixing well with the existing air?
4. Does variation in air velocity alter the circulation pattern?
5. Is the space being flushed of stale air?
6. Are there different patterns of flow at different heights?

Note that the test is taken at one point in time, and the test conditions should reflect conditions that occur in the space under normal occupancy and loads, with the mechanical and control systems operating as they usually would.Also note physical and environmental conditions at that workstation, if these conclusions are to apply to similar areas.

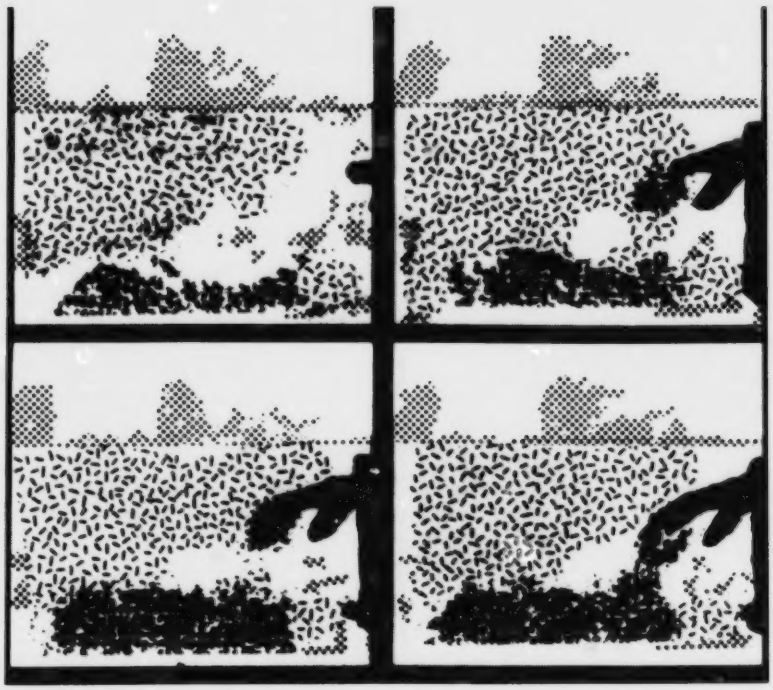
The results of the tests are presented as a project report. Since this level provides information regarding the effectiveness of the air supply system, recommendations should be included, where applicable, to improve the micro air circulation patterns.

Figure 3.3.1 is an example of the results of micro air circulation testing.

3.3.5 Resource Allocation and Timing

For the micro circulation procedure, the following may be used as a guide for determining the resource requirements for testing the air circulation patterns with tracer gas. A two person team is normally required to ensure accurate data recording in a reasonable period.

check out equipment and pack	4 hours
unpack and check equipment	1 hour
set up and execute at each of the test locations (2 people required)	1.5 hours/test
pack and ship equipment	2 hours
complete analysis and documentation (per location)	8 hours



Tracer Gas Absorption Test
782 LW System, 20° Lens
Tracer Gas, SF_6
No heated background

FIGURE 3.3.1: Micro air circulation test using sulphur hexafluoride

4.0 REFERENCES

American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers. ANSI/ASHRAE 55 – 1981: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers. ASHRAE 62 – 1981: **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

_____. ASHRAE 70 – 72. **Method of Testing for Rating the Flow Performance of Outlets and Inlets.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1972.

_____. **ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers.

_____. **ASHRAE SPC 113P Methods of Testing for Room Air Diffusion.** Draft #2. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, Dec., 1985.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

Air inlet – a device (grille, register, diffuser or slot) through which air is removed or returned from a conditioned space

Air outlet – a device (grille, register, diffuser or slot) through which air is discharged into a conditioned space. All accessories, connecting duct adapters and other mounting airways may be considered part of the outlet device being tested and shall be, in such cases, reported as a unit or assembly. Air outlets may be spot, continuous or modular units

Air temperature (T_a) – the temperature of the air measured at a test point in the conditioned space

Closed office – an enclosed space no larger than the diffuser spacing plus 4.5 metres. Walls may have a significant effect on air currents created by the air diffusion system

Diffuser – an outlet designed to distribute air in various directions and on various planes

Diffusion – distribution of air within a space by an outlet discharging supply air in various directions and on various planes

Grille – a louvered or perforated face over an opening

Interior zone – an occupied region parallel to, and more than 4.5 meters from, any exterior wall. A region not directly affected by the building's exterior wall loads

Occupied zone – the region within a space normally occupied by people, generally considered to be between the floor and 1800 mm above the floor and more than 600 mm from walls or fixed air conditioning equipment

Open space – any area with dimensions greater than the terminal spacing plus 4.5 m, not enclosed by walls or partitions

Partition – a built in place wall that is not movable. Partitions may be constructed of various materials such as concrete block, gypsum board or glass but they do not necessarily have to reach to the underside of the ceiling

Perimeter zone – a space parallel to and within 4.5 m of an exterior wall that is affected by building exterior loads

Recirculated air – air removed from the conditioned space and intended for reuse as supply air

Register – a combination grille and damper assembly

Return air – air removed from a space to be then recirculated or exhausted

Slot – a long narrow air outlet (aspect ratio generally greater than 10 to 1)

Supply air – air delivered to the conditioned space and used for ventilation,heating, cooling, humidification or dehumidification

Terminal spacing – the distance between adjacent air supply outlets measured in the direction of the greatest volume of discharge air

Ventilation – the process of supplying and removing air to and from any space by natural or mechanical means. Such air may or may not be conditioned

Ventilation air – that portion of supply air which is outdoor air plus any recirculated air that has been treated for the purpose of maintaining acceptable indoor air quality

In defining air flow patterns, the following standard units of measurements are used:

air speed	meters per second	m/s
distance, height	millimetres, metres	mm, m
time	xx:xx hours (24–hr–clock)	hrs
duration	hours, minutes, seconds	hrs., min., sec.
direction (horizontal component)	principle compass point e.g, north	N
	southwest	SW
	eastnortheast	ENE
direction (vertical component)	angle to the horizontal in degrees, –90° to +90°	

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATIONS

Recognizing the potential micro air circulation problems that may result from the improper use of privacy screens, the Treasury Board of Canada Secretariat has issued circular number TB 1984–62, "Air Circulation in Office Accommodation". This circular states:

(a) office screens and partitions should be used only:

where the need to maintain confidentiality or protect employees from visual distraction, glare or noise makes their use essential; and then only

where alternative methods, such as the use of plants, furniture, equipment and other visibility screening devices and sound–masking and other sound–attenuating devices are not acceptable; and

sparingly when used to enclose space bordering on exterior perimeter walls, particularly where perimeter zoning of heating and cooling has been provided; and

(b) housekeeping measures should ensure that:

the supply air inlets and return outlets are kept clear of obstructions;

the space above screens, bookcases, cabinets and other similar furniture and equipment above 1400 mm in height is kept clear of obstructions;

furniture and equipment is located so that air movement is facilitated; and

tidiness and cleanliness are maintained.

If the ventilation system itself is not functioning properly, the department responsible for the administration and control of the accommodation, usually Public Works Canada, should be requested to correct the problem.

As required by the National Building Code, there should be no evidence of washroom air moving into the general floor space.

5.3 MICRO AIR CIRCULATION TESTING USING NITROUS OXIDE AS A TRACER GAS

5.3.1 Description of Technique

The technique described in this Appendix differs from that described in Subsection 3.1.3 in the following regards:

- nitrous oxide is used as the tracer gas
- a short–wave scanner is used
- a heated background is used.

The short–wave thermographic scanner used in this technique can detect thermal radiation emitted within the electromagnetic spectrum between 2 and 5.6 microns. A special filter inserted in the scanner reduces the band width being detected to between 4.475 microns and 4.525 microns. It is within this small slice that nitrous oxide absorption peaks (4.5 microns). Thus, if nitrous oxide is present in the atmosphere between the object and the camera, the strength of the signal received by the camera will be reduced, and the thermal image that would normally be observed is obstructed.

A heated background is provided to intensify the contrast in the thermal image and to accentuate the areas blocked by the gas. The images are recorded and processed to subtract the background, leaving only the pattern of the gas.

5.3.2 Equipment

Determining micro air circulation patterns using the N_2O tracer gas technique requires:

1. Short–wave Thermovision Model 782 scanner, c/w 4.475–4.525 micron narrow band filter installed in filter wheel, lens and tripod
2. 782 IR system with power cord
3. Viewscan Scan Converter SC700 with power cord
4. Viewscan IMAGPAC digital image recording system with bubble memory cassettes
5. Interconnection cables
   - 780 to SC 700
   - SC 700 to IMAGPAC
   - SC700 to VCR (BNC to BNC)
6. Wheeled cart
7. 10 m THV extension cable
8. 10 L and 1 L liquid nitrogen containers
- *9. Standard video cassettes and portable video cassette recorder (VCR)
10. Portable video monitor (monochrome) and cable to connect to VCR
11. N_2O cylinder (pressurized – 27 kg nominal)

12. 2–stage N_2O pressure regulator (0 to 20000 kPa, 0 to 200 kPa) with male hose connector
13. 6 mm inside diameter plastic tubing (15 m)
14. Cylinder cart
15. Cylinder wrench
16. Carbon based, mylar encased resistive heating panels 0.6 m x 2.4 m (24)
17. Ceiling clips or binder–type spring steel paper clips with fold back handles (2 for each heating panel)
18. Duct tape, Teflon tape, black electrical tape and aluminum tape
19. Drill – 12 mm bit
20. Log–book
21. Drawings showing layout of workstation, thermostats and control boxes
22. 15 m extension cords (3 receptacle)
23. Air flow hood
24. Thermal anemometer
25. Lab stand, clamps, twistcocks
26. 2 m step ladder
27. Thermostat key

* optional

5.3.3 Detailed Procedure

1. Prior to the start of the test, examine the workstation to:
   - determine the diffuser and air return locations
   - determine the thermostat and terminal or mixing box locations

   Also decide where to place the heating panels; they must be at least 1.5 m from the supply, and if the diffuser is slot type, they must be set perpendicular to its longitudinal direction.
2. Drill a hole in the supply duct approximately 0.5 m or more from the diffuser, install the plastic tubing into the centre of the duct facing into the flow and tape in place. For large ducts, it is best to attach the tubing to a small diameter metal tube pre–drilled at 150 mm centres and insert this in the duct. This is to encourage more even distribution of the gas in the duct. Run the plastic tubing out of the ceiling at least 6 meters from the test area. Replace the ceiling panel being careful not to pinch the plastic tubing.
3. Install the pressure regulator on the tank of N_2O following the instructions supplied by the regulator manufacturer. Use Teflon tape on the threaded joints.
4. Set up heating panels by attaching them to the ceiling T–bars with the plastic ceiling hangers. Do not push up the ceiling tiles as this will leave an opening to the ceiling plenum. Weight the bottom of the heating panel with pieces of acrylic to hold them straight.
5. Install two 25 mm wide aluminum strips horizontally on the centre panel at 1700 mm and 1100 mm above floor height to act as height gauges within the image. These heights represent the average standing and seated head heights.
6. Set up the extension cords – 4 panels per circuit – and plug in the panels.

7. Mount the 782 scanner on the tripod and set filter position to correspond to the position of the N_2O filter. Set the aperture to 1.8.
8. Fill the scanner Dewar flask with liquid nitrogen. Follow the normal safety precautions to prevent skin and eye burns.
9. Locate the scanner so that it is facing and perpendicular to the heating panels, and far enough away to include as many heating panels horizontally as possible. Raise the scanner vertically as high as possible to ensure the ceiling and 1700 mm reference mark are within the field of view.
10. Move the cart supporting the other equipment away from the test area and out of the field of view of the scanner. Locate the cylinder of N_2O beside the cart. Attache the plastic tubing from the ceiling to the regulator and use black electrical tape around all tubing connections.
11. Attach the batteries or power supply to the Thermovision display and plug in the scanner cable.
12. Plug the Scan Converter into the accessory jack of the Thermovision display.
13. Plug the IMAGPAC into the Scan Converter and insert a bubble cassette recording cartridge into the IMAGPAC.
14. Attach the battery to the Scan Converter or a 120 volt power supply to the IMAGPAC (but not both).
15. Attach a video cassette recorder to the Scan Converter and insert a videotape.
16. Turn on the Thermovision system.
17. Turn on the Scan Converter.
18. Turn on the VCR. Plug the microphone into the VCR.
19. Set the Range and Level on the Thermovision in order to optimize the contrast of gas (cool) against the background (hot). The background should be set at a relatively high grey level (80% or better).
20. Set the VCR to 'Record' and, using the microphone, record the date, test number and test location, on the video tape.
21. Record one image on the IMAGPAC.
22. Close the pressure regulator outlet needle valve, close the intermediate pressure regulator valve and open the N_2O cylinder outlet valve. Adjust the intermediate pressure regulator to set the outlet supply pressure to the lowest pressure on the gauge. Open the needle valve just until the sound of the N_2O is heard.
23. Record images on the IMAGPAC at equal time intervals (e.g. once every three seconds).
24. When steady state conditions have been reached, shut off the gas but continue recording until the tracer gas clears.
    (In order to allow subsequent image processing, it is essential that the scanner not be moved and that all settings on the equipment remain unchanged throughout the test).
25. Connect the monitor to the VCR and check that both the taped images and the bubble cassette images have been recorded properly.
26. Measure the average air flow at the diffuser with an air flow hood and read the air supply rate from the dial. Alternatively, use a hot wire anemometer at four points over the length of the diffuser then measure the outlet area of the diffuser to determine the rate of air flow.

27. Reduce the air supply rate (with a VAV system, this is accomplished by raising the set point of the controlling thermostat). Wait until a good background pattern has been completely restored, and repeat the test from step 19. Ideally, three tests should be conducted at each diffuser location; one at maximum, one at minimum and one at intermediate air flow. This allows the operator to establish whether the air circulation pattern changes over the total range of air flows.
28. It is extremely important to keep a logbook and to number both the bubble memory cassettes and the video tapes in the field. The following information should be recorded in the logbook.
    - Name of building
    - Date and time
    - Operator(s)
    - Workstation number
    - Sketch of workstation showing location of diffuser layout of office furniture, position of heating panels and the scanner
    - Special conditions (i.e. office door open, partition raised off the floor, supplementary fan on)
    - Bubble memory cassette and video tape numbers for each test as well as type of test, and the VCR counter numbers
    - Diffuser air measurements.
29. Upon completion of all tests, disassemble all equipment, place duct tape securely over the drilled hole in the supply air duct.
30. Remove the N_2O regulator and replace the cylinder cap when changing locations. This is especially important when moving in an elevator.

A similar method which can be employed together with the above or as an alternative is to introduce the tracer gas at either seated or standing head height at the position where the occupant sits. Most of the steps outlined are the same except that the tubing from the N_2O cylinder is supported and terminates at the point were the station occupant usually works.

A third approach is to use a stand and a series of outlets (at 100 mm, 600 mm, 1100 mm, and 1700 mm heights from the floor) to dispense N_2O in a vertical array, to be viewed against the background of heated panels.

5.3.4 Assessment

The information that is collected is stored in two forms –

- a continuous moving image on video cassette (there are pauses in the motion indicating the points at which digital images were recorded with the IMAGPAC), and
- still images recorded digitally on the IMAGPAC bubble memory cassettes.

The latter are the more important and are the main material used in subsequent analysis. This is why the videocassette recorder is indicated as being optional on the list of equipment in Section 5.3.1. Nevertheless, the video images can provide a useful link between the digital images and can be very helpful in visualizing what is actually happening in terms of air flow patterns.

The first step in the analysis process is to transfer the images from the bubble cassettes to IBM-PC format diskettes. This is done by connecting the IMAGPAC to the serial port of an IBM-PC (or compatible) computer and using the transfer routine of the Pericolor II Image Processing System software.

Next, the images are enhanced using the Pericolor II System. For each set of images from a single set-up, the original background image (Step 20, Section 5.3.3) is subtracted from all subsequent images. The resulting images show only the tracer gas and background noise. If the background noise is significant, the smoothing option is used to minimize random noise and make the tracer gas pattern appear more uniform.

A height scale and identification data are then coded onto each image and a hardcopy is produced.

When reviewing the final images, the following points should be noted:

1. the time taken to reach a steady state
2. the pattern of air supply – diffuse or direct
3. the depth of penetration of supply air
4. occurrence of supply air moving directly to the return air inlet and bypassing the occupied space
5. differences in flow patterns caused by diffusers near the one under test
6. the flushing characteristics of the pattern in a space, that is the workstation cleared of tracer gas quickly and evenly or at different rates for different areas, or not at all?)

In evaluating the air circulation pattern, the following questions should be considered:

- Is supply air getting down to the level of the occupant?
- Is the manner of discharge from the supply diffuser likely to be thermally comfortable – diffuse and not direct?
- Is the supply air mixing well with the existing air or are there pockets of stagnant air?
- Does the circulation pattern change with changes in the air supply rate?
- Is the space being flushed of stale air?
- Are there different patterns of flow at different heights?

It should be noted that the test itself is taken at an instant in time and the operator should take great care to ensure that the test reflects conditions which occur in the space under normal occupancy and loads with the mechanical and control systems operating as they usually would. The operator should also closely note physical and environmental conditions occurring at the workstation if the conclusions are to apply to similar areas.

5.3.5 Resource Allocation and Timing

For the micro circulation procedure, the following may be used as a guide for determining the resource requirements for testing the air circulation patterns with nitrous oxide.

check out equipment and pack	4 hours
unpack and check equipment	1 hour
set up and execute each test area location (2 people required)	1.5 hours/test
pack up equipment and ship back to the office	2 hours
analysis and documentation (per location)	8 hours

5.4 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation de la circulation d'air

Document D09

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation de la circulation d'air

Document D09

SAG 1-4:86-29

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisabilité, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, Ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document Évalulation de la circulation d'air	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-29
	3. Date Mars 1988
4. Auteur(s) B. Tilley	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique D09
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-456, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 36
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Les méthodes pour évaluer les configurations de la circulation de l'air sont décrites en trois étapes d'investigation à partir d'investigation préliminaires qui utilisent des tubes fumigènes jusqu'à des investigations complexes qui utilisent des systèmes infrarouges. Les procédures sont données pour tracer les flux locaux autour des postes de travail et également dans les grandes aires ouvertes. L'équipment requis est énumeré, les limitations des techniques sont discutées et l'information de base est inclue.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP D09b	21. Prix

DPW 2398 (86/09)

TABLE DES MATIÈRES

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	But et objectifs	1
1.2	Information de base	1
2.	**DÉLIMITATION DU SUJET**	3
2.1	Cadre général	3
2.2	Limites des techniques d'évaluation	3
3.	**MÉTHODOLOGIE**	5
3.1	Étape I – Évaluation préliminaire (Introduction)	5
3.1.1	Description des techniques	5
3.1.2	Équipement	5
3.1.3	Démarche détaillée	5
3.1.4	Évaluation	7
3.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	8
3.2	Étape II – Techniques simples de mesure	8
3.2.1	Méthode A	8
3.2.1.1	Description de la techniques	8
3.2.1.2	Équipement	8
3.2.1.3	Démarche détaillée	9
3.2.1.4	Évaluation	12
3.2.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	12
3.2.2	Méthode B	12
3.2.2.1	Description des techniques	12
3.2.2.2	Équipement	12
3.2.2.3	Démarche détaillée	13
3.2.2.4	Évaluation	14
3.2.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	17
3.3	Étape III – Monitage détaillé et spécialisé	18
3.3.1	Description des techniques	18
3.3.2	Équipement	19
3.3.3	Démarche détaillée	20
3.3.4	Évaluation	23
3.3.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	24
4.	**RÉFÉRENCES**	25
5.	**ANNEXES**	27
5.1	Termes et unités standards de mesure	27
5.2	Autorités compétentes et réglementation applicable	29

5.3	Essais de microcirculation d'air avec N_20 comme gaz de traçage	*30*
5.3.1	Description des techniques	*30*
5.3.2	Équipement	*30*
5.3.3	Démarche détaillée	*31*
5.3.4	Évaluation	*34*
5.3.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	*35*
5.4	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	*36*

LISTE DES FIGURES

3.2.1	Configurations de flux d'air obtenues par les tubes fumigènes	*11*
3.2.2	Plan d'étage illustrant les configurations des grands mouvements d'air	*15*
3.3.1	Essai de microcirculation d'air à l'hexafluorure de soufre	*25*

LISTE DES TABLEAUX

3.2.1	Comparaison de la circulation de l'air et de la teneur en CO_2, en particules et en matières organiques	*16*

1. INTRODUCTION

1.1 BUT ET OBJECTIFS

L'analyse de la circulation de l'air représente l'une des étapes exigées pour établir la condition de l'environnement intérieur d'un bâtiment. La mesure des configurations du mouvement de l'air permet de définir dans quelle mesure un espace donné est soumis à la stagnation ou au renouvellement de la migration des polluants et des débits de ventilation. Cet ensemble de données peut ensuite permettre d'expliquer les plaintes formulées par les occupants et d'élaborer des propositions en vue de résoudre les problèmes.

L'évaluation de la circulation d'air procure l'étude du mouvement de l'air à l'intérieur d'une aire de travail. Habituellement, on se préoccupe du parcours ou de la migration de l'air d'approvisionnement après avoir quitté le diffuseur, avoir entré dans l'air de travail et enfin, avoir circulé dans l'espace. C'est durant la conception du système mécanique que l'approvisionnement requis en air est déterminé. Par la mesure de la différence de pression ou d'air, le débit actuel du diffuseur peut être déterminé. Une fois les besoins en quantité ont été satisfaits, il est important de déterminer où actuellement l'air d'approvisionnement circule dans le bureau. Cette dernière étape est nécessaire à déterminer si l'air d'approvisionnement se mélange bien et arrive à l'occupant d'une manière thermiquement confortable.

1.2 INFORMATION DE BASE

Les configurations de flux d'air, notamment dans les grands bâtiments à reprise sans gaines, peuvent être nettement différentes de celles qui ont été calculées à l'origine. La différence peut résulter de changements de paramètres de construction, pris par exemple à la suite de décisions sur le chantier, de détails d'installation résultant plus particulièrement de certaines incompatibilités de sous-traitance, de niveaux opérationnels de système réels et prévus (ex. : pressions du réseau CVC) de l'usage des locaux et de changements d'occupants.

L'examen de la configuration de la circulation de l'air est un important élément pour évaluer la performance du système mécanique. Les configurations sont affectées par la température de l'air d'approvisionnement, le débit, le parcours et la force d'entraînement del'air de retour, le type et la dimension du diffuseur, la réglage du moulinet, la configuration du bureau, et la densité et la répartition des fournitures dans le bureau. Les résultats de la circulation d'air peuvent donner un aperçu des résultats à obtenir de l'analyse de la qualité de l'air et du questionnaire passé aux occupants. Les résultats obtenus de la visualisation de la circulation de l'air peuvent souvent correspondre aux mesures du débit de la ventilation locale et aux trouvailles reliées à la migration de la pollution.

Toute configuration de la circulation d'air différente de celle originalement planifiée par le concepteur n'est pas obligatoirement néfaste ou inefficace. En vue d'évaluer le bâtiment et l'aire de travail, et afin d'expliquer les problèmes ressentis, il est nécessaire

de connaître parfaitement l'ensemble des caractéristiques du débit d'air. Les problèmes notés sont au niveau du débit de l'air, de la ventilation, de la température, de la qualité de l'air et de la migration de la pollution. Il est également nécessaire de comprendre comment les configurations existantes seront affectées à la suite de solutions apportées à des problèmes indirectement reliés au mouvement de l'air.

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Dans le cas d'une évaluation qui détermine la qualité de l'air, l'efficacité du système mécanique et de l'optimisation fonctionnelle, il est essentiel d'avoir une bonne base pour juger de la qualité des paramètres. Cette base dépend des méthodes qui caractérisent les entités formant l'environnement total de l'occupant. La méthode décrite caractérise le mouvement de l'air dans et à travers tout l'espace de travail.

Lorsqu'ils sont disponibles, les résultants des essais de confort thermique et de fuites d'air, les mesures de teneur en gaz carbonique et de particules, l'évaluation de la migration des polluants et les débits de ventilation devraient être englobés dans l'évaluation de la configuration du flux d'air.

2.2 Limites des techniques d'évaluation

Ces techniques d'évaluation ne sont pas destinées à renseigner le client sur les volumes d'air d'alimentation, sur le débit de la ventilation, sur les fuites ou sur le renouvellement d'air. Elles sont conçues pour déterminer le cheminement de l'air après son entrée dans l'aire de travail.

Les conditions de la météo, la condition et le mode opératoire des systèmes mécaniques, les variations saisonnière, la densité de la population et la charge de travail au moment de l'essai, et la configuration de l'aire de travail (par exemple, la position et la hauteur des écrans) doivent être considérés pour évaluer proprement les résultats et les discuter intelligemment.

En déterminant les parcours du mouvement de l'air, il est nécessaire d'échantilloner des espaces et ensuite extrapoller les résultats pour inclure les espaces similaires de l'immeuble. Ceci est fréquemment nécessaire à cause des contraintes monétaires et de temps. À date, la pratique a été de sélectionner un nombre limite de locations à tester lesquelles sont représentatives des environnements variés trouvés dans l'immeuble. En sélectant les aires de travail à être évaluer, les facteurs à être considérés incluent la dimension de l'espace, le type du système CVCA, la densité de la population, la dimension et la répartition de la fourniture, les caractéristiques et les interactions de l'espace voisin, la densité de l'équipement, l'élévation, le record des plaintes et du type de fonction. Les aires testés doivent inclurent:

- bureaux à aires ouvertes (au périmètre);
- bureaux à aires ouvertes (au centre);
- bureaux fermés;
- espaces spéciaux réservés dans lesquels des solvants ou des gaz sont employés ou produits.

Tout au cours des trois étapes d'évaluation, une emphase toute spéciale est donnée aux résultats de d'autres essais. Lorsque disponibles, les résultats d'essais du confort

thermique et des fuites d'air, des niveaux mesurés de carbon dioxyde et de particules, l'évaluation de la migration, et les taux de ventilation doivent être inclus dans l'évaluation de la configuration de la circulation de l'air.

La technique de l'analyse de microcirculation d'air de l'Étape III est d'application restreinte. Ses résultats sont bidimensionnels, tandis que ceux de la configuration actuelle du flux d'air sont tridimensionnels. Les panneaux de chauffage de fond exigés par la technique du gaz de traçage au protoxyde d'azote produisent des cycles convectifs qui ne sont pas nécessairement typiques de l'espace donné. La chose est particulièrement vraie dans les zones périmétriques équipées de plinthes chauffantes ou de radiateurs. De la même façon, l'accumulation de chaleur provenant des panneaux aura des effets sur les résultats dans les petits bureaux.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉTAPE I – ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE (INTRODUCTION)

3.1.1 Description des techniques

Selon le but recherché, une évaluation préliminaire peut comprendre une étude des plans et des dossiers, une inspection du bâtiment, la sollicitation de réponses de la part des occupants, ainsi que des entrevues avec les responsables du bâtiment. Cela permet d'obtenir une vue d'ensemble des caractéristiques du bâtiment et des renseignements antérieurs.

L'inspection technique permet d'obtenir une évaluation à la fois rapide, peu coûteuse mais cependant valable pour les caractéristiques reliées à la circulation de l'air d'un bâtiment, tout en précisant l'appel à des méthodes d'étude plus détaillées. Elle peut être faite dans le cadre d'une inspection plus vaste touchant l'évaluation du comportement global d'un bâtiment. L'inspection dépend de l'observation des paramètres environnementaux, de l'utilisation du bâtiment, ainsi que du comportement des matériaux et des systèmes. À ce stade, certaines mesures peuvent être enregistrées pour obtenir au besoin des données supplémentaires.

Il est possible de mener un sondage pour obtenir de la part des occupants une idée de la façon dont ils perçoivent leur milieu et de la façon dont leurs besoins sont pris en considération ainsi que des renseignements sur la manière dont le bâtiment répond aux besoins des occupants et de leurs activités. Le groupe des sciences fonctionnelles est responsable des méthodes d'essai utilisées. De concert avec le spécialiste de la circulation de l'air, les membres du groupe établissent une distinction entre les effets de la circulation de l'air et les autres paramètres.

3.1.2 Équipement

L'inspecteur utilise un matériel portatif permettant d'obtenir une évaluation préliminaire de la circulation de l'air dans le bâtiment. Ce matériel comprend des tubes fumigènes et un anénomètre. Voir le paragraphe 3.2.1.2 pour une description détaillée de ce matériel.

3.1.3 Démarche détaillée

Les renseignements suivants sont nécessaires pour l'étude des plans et des dossiers:

1. Dimensions, forme, orientation et emplacement du bâtiment;
2. Division intérimaire du bâtiment (ex. : petits espaces encloisonnés, grandes aires ouvertes, aires de plancher restreintes);
3. Genre et dimensions du système mécanique (ex. : chauffage à l'eau chaude, système à l'induction, reprise à gaines);
4. Étude du plus récent rapport sur l'équilibre des systèmes mécaniques afin de déterminer si certains changements sont survenus dans l'agencement des aires depuis le dernier équilibrage;

5. Étude des changements (possiblement cycliques) survenant dans les fonctions, dans la population et dans les activités du bâtiment;
6. Consommation énergétique, notamment en ce qui a trait aux variations d'une année et d'une saison à l'autre et aux écarts comparativement à la consommation originale prévue;
7. Rapports sur les plaintes et sur les problèmes touchant le mouvement de l'air, l'air vicié, les odeurs, la température et les courants d'air, ainsi que les conditions lorsque les plaintes ont été portées (ex. : jour venteux, journée chaude) et les détails sur toute initiative visant à régler ces problèmes.

On utilise des listes de vérification dans l'analyse des plans et archives qui doivent être conservées dans les dossiers de l'étude.

Lors de l'inspection, l'équipe d'évaluation procède à l'examen complète du bâtiment, en compagnie du gérant et des techniciens du bâtiment ainsi que de l'agent des locaux du client qui formulent alors leurs commentaires à l'égard de tout problème particulier. L'équipe se sert de la liste ci-dessous pour établir et enregistrer les données recueillies au sujet de toutes les principales aires du bâtiment.

1. Dimensions, forme orientation et emplacement du bâtiment;
2. Division intérieure du bâtiment (ex. : petits espaces encloisonnées, grandes aires ouvertes, aires de plancher restreintes);
3. Genre et dimensions du système mécanique (ex. : chauffage à l'eau chaude, système à induction, reprises à gaines);
4. Emplacements, réglages et lectures des thermostats, si possible;
5. Rapport des sorties et des entrées d'air par rapport à l'emplacement des postes de travail;
6. Mouvement et température de l'air aux postes, aux voûtes d'entrée et aux entrées;
7. Source des odeurs;
8. Impression de fraîcheur ou de renfermé dans l'air des aires de travail;
9. Dispositifs, tels que bandes de papier, posés par les occupants pour déceler le flux aux bouches de soufflage;
10. Obstacles, tels que sorties d'air obturées par des ruban-cache ou grilles de radiateurs bouchées;
11. Nombre et emplacement d'appareils destinés à déplacer l'air tels que ventilateurs de bureau, ventilateurs sur pied et assainisseurs d'airélectroniques;
12. Densité de la population et de l'équipement dans l'ensemble du bâtiment;
13. Nombre et emplacement des fumeurs;
14. Niveau général de propreté des aires de travail et du bâtiment;
15. Importance de l'aspect vestimentaire des occupants, y compris une indication du nombre de vêtements supplémentaires tels que tricots et vestes sur les dossiers de chaises et sur les portemanteaux;
16. Niveaux et variations de niveaux d'activité dans l'ensemble du bâtiment.

S'il est nécessaire de procéder à une analyse détaillée touchant l'occupation et l'usage, on utilise habituellement un questionnaire qui est distribuée aux occupants afin de recueillir leurs commentaires quant à la qualité de l'air dans leurs aires de travail. Plus

précisément, l'occupant est invité à évaluer la fraîcheur de l'air, le degré de mouvement de l'air, la température ambiante et la qualité générale de la ventilation; on lui demande en outre d'indiquer si et dans quelle mesure les odeurs représentent un problème. Le groupe des sciences fonctionnelles choisit ceux qui recevront le questionnaire, en s'assurant que l'échantillonnage sera suffisant pour établir des comparaisons entre les divers zones du bâtiment (périmètre, intérieur, aires ouvertes, fermées) les zones du système mécanique, les élévations, les niveaux d'activité, les fonctions, ainsi que les densités d'équipement et de population. Des endroits témoins peuvent être choisis en fonction des résultats de l'étude des plans et dossiers et de l'inspection.

Le groupe d'étude doit noter:

1. Le niveau vestimentaire des occupants;
2. L'utilisation de ventilateurs et autres dispositifs de déplacement d'air faite par les occupants;
3. Le nombre et l'emplacement des fumeurs;
4. Les initiatives prises par les occupants en vue de modifier et de contrôler leur propre milieu.

Au cours des entrevues, les techniciens et les responsables du bâtiment sont invités à formuler leurs remarques, leur perception de l'opinion des membres du personnel, leurs commentaires sur les caractéristiques du mouvement et de la circulation de l'air, et leur opinion sur les caractéristiques du système mécanique susceptible d'influer sur le mouvement de l'air.

3.1.4 Évaluation

L'étude des plans et dossiers est normalement faite avant l'inspection et permet de se familiariser avec le bâtiment tout en localisant les secteurs problèmes ou susceptibles de l'être. L'inspection permet donc de confirmer ou d'infirmer les résultats de l'analyse des plans et dossiers et de découvrir de nouveaux secteurs problèmes.

Au terme de l'inspection, les membres de l'équipe résument leurs impressions par écrit. Ils élaborent des descriptions touchant des secteurs distincts et l'ensemble du bâtiment. En outre, les évaluations des plans et dossiers et les renseignements obtenus des techniciens du bâtiment sont comparés. On procède à une évaluation subjective de la qualité et du mouvement de l'air. Les secteurs où la qualité de l'air est douteuse sont identifiés.

Les listes de vérification, les notes et les rapports doivent tous être conservés.

Si le questionnaire est utilisé, le groupe des sciences fonctionnelles évalue les résultats des essais et fournit au groupe des sciences environnementales les pourcentages d'évaluation par groupe de travail, par zone de système mécanique et par élévation, ainsi qu'une liste des problèmes environnementaux par ordre d'importance perçu. Le spécialiste de la circulation de l'air étudie les résultats, les épure, puis les compare à ceux de l'étude des plans et dossiers et de l'inspection si ces données sont disponibles. Les résultats de l'étude peuvent également être comparés à ceux qui découlent d'études de bâtiments analogues.

La documentation nécessaire à l'analyse de l'usage et de l'occupation est inclue dans les descriptions de la technique d'évaluation du groupe des sciences fonctionnelles. Voir les documents D20 à D24 de cette série.

Les réponses au questionnaire original provenant des postes de travail individuels doivent être conservées pour une étude ultérieure, au même tire que les rapports du groupe d'étude.

3.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Si toutes les données enregistrées sont disponibles aux fins de l'analyse des plans et dossiers, une équipe de deux personnes devrait être en mesure de conclure l'étude en une journée de travail.

L'inspection proprement dite menée par deux personnes prend environ une journée pour un bâtiment de 20 000 m², plus une journée et demie pour la rédaction du rapport. Les discussions, les entrevues, les rappels et la recherche dans les documents existants peuvent nécessiter une demi-journée de plus.

Les ressources exigées par l'analyse d'occupation et d'utilisation sont comprises dans la documentation su groupe des sciences fonctionnelles. L'apport du spécialiste de la circulation de l'air à la planification, à l'évaluation, à la consultation et à la préparation du rapport définitif représente environ quatre jours de travail.

3.2 ÉTAPE II - TECHNIQUES SIMPLES DE MESURE

3.2.1 Méthode A

3.2.1.1 Description des techniques

L'une des deux techniques de mesure simples comporte l'utilisation de tubes fumigènes et d'un anémomètre pour observer et enregistrer le genre et l'ampleur des flux d'air. Cette technique peut être employée tant dans le cas des micro-mouvements et mouvements d'air locaux dans un poste de travail individuel que dans le cas de vastes configurations à grandes échelle.

Tous les diffuseurs d'alimentation et toutes les grilles sont localisés et enregistrées. Au moins un échantillon représentatif de chaque genre d'aire de travail est étudié. Pour définir les configurations de circulation de l'air, on utilise le tube fumigène sur l'ensemble de l'espace à un certain nombre d'endroits et de niveaux, selon les dimensions des lieux, les configurations et la vitesse du flux. Des croquis des configuration de flux sont réalisés à l'aide de plans d'étage et d'élévation, en nombre dépendant de la complexité des configurations.

3.2.1.2 Équipement

Les essais exigent des tubes fumigènes, un anémomètre, une planchette, un ruban à mesurer et des plans d'étage. Les quantités sont fonction de la portée et de la précision de l'étude, de la grandeur du bâtiment et de nombre de personnes participant aux essais.

Article 1: Tube fumigène
Un fabricant qualifie ce genre de dispositif de détecteur de courants d'air. La Division du rendement des immeubles utilise le Drager ou les tubes Gastec. Des exemplaires des instructions pour le Drager pour la mise au rebut sont disponibles.

Article 2: Anémomètre
L'anémomètre manuel doit être d'une précision de 0.05 m/s à 0.50 m/s pour des vitesses normales de mouvement de l'air dans une pièce. Une période supérieure à 0.05 m/s n'est pas facile à obtenir et n'offre qu'un intérêt limité lorsque la vélocité de l'air est aisément influencée par des effets mineurs tels que la simple présence du technicien des essais. La Division du rendement des immeubles utilise l'anémomètre Kurz de modèle 1440-M ou de modèle 1640 TSI.

Article 3: Plans des étages
Pour un usage pratique, les plans devraient être réduits à un format de papier à lettres, avec les principales limites matérielles représentées par un quadrillage (de préférence la numérotation normalisée des poteaux du bâtiment).

3.2.1.3 Démarche détaillée

Réaliser ce travail durant les heures normales de travail avec occupation normale des lieux et avec le réseau CVCA fonctionnant en mode standard. Bien que le taux d'occupation et les charges de chauffage et de refroidissement puissent varier et varient durant l'année, les essais doivent être entrepris lorsque les conditions sont normales pour la période de l'année.

En premier lieu, étudier les plans, le dossier des plaintes et les résultat des études antérieures, puis dresser une liste des endroits témoins. Les endroits cibles sont les secteurs à forte incidence de plaintes, les secteurs de référence à faible incidence de plaintes, les baies de communication et les ouvertures. Les emplacements des essais doivent être choisis dans des aires à densités de population différentes, et dans des étages, des élévations et des zones mécaniques différentes. On doit inclure les zones caractérisées par un fonctionnement spécial, soit par exemple des pressions de service plus basses ou plus élevées que celles d'autres systèmes dans le bâtiment.

À l'aide de tubes fumigènes, il est possible de repérer un macroflux d'air en produisant de la fumée et en surveillant la direction du flux. Se déplacer ensuite d'environ 3 m dans cette direction et produire une nouvelle émission de fumée. Si la direction du flux se modifie, revenirvers le premier endroit afin de repérer le point de divergence.

Aux ouvertures et aux baies de communication, émettre une ligne de fumée du sol au plafond; enregistre toute différence de direction du flux ainsi que la hauteur approximative du point de séparation. Un anémomètre peut être utilisé pour mesurer la vélocité de l'air à ces endroits et aux endroits où un courant est perceptible.

Les zones de système mécanique et les espaces limités distincts doivent être vérifiés à leurs extrémités et au centre. Les heures et les dates des essais doivent être inscrites, ainsi que le nom du technicien.

Les flux d'air observés doivent être reportés sur les plans d'étage, en y ajoutant les données sur les conditions météorologiques (par ex., vélocité et direction du vent) et

des remarques sur les conditions de fonctionnement du système mécanique. Si les conditions le justifient, il peut être nécessaire d'indiquer les élévations ou les profils de l'espace afin de clarifier certains configurations complexes. La figure 3.2.1 illustre une exemple simple de plan d'étage avec configurations de flux obtenus par les tubes fumigènes.

Dans le cas de postes de travail individuels, utiliser la méthode suivante:

1. Dessiner un croquis du poste de travail soumis aux essais, indiquant la position des diffuseurs et des reprises d'air;
2. Produire une bouffée de fumée près du diffuseur;
3. Tracer sur le croquis la configuration suivie par la fumée;
4. Mesurer et enregistrer les régimes de flux d'air à la bouche du diffuser à l'aide de l'anémomètre. Il est à remarquer qu'on n'obtiendra pas ainsi le flux d'air total du diffusant mais que cela pourra permettre d'établir la comparaison avec d'autres diffuseurs dans le bâtiment.
5. Émettre d'autres bouffées de fumée là ou la fumée s'est dispersée et n'est plus visible. Produire de la fumée à plusieurs niveaux, du sol au plafond, et à intervalles réguliers dans tout l'espace et en périphérie.
6. Dans le cas des bureaux encloisonnées, réaliser deux essais (l'un porte close, l'autre porte ouverte).

Précautions à prendre

1. Ne pas respirer la fumée, elle peut causée une irritation.
2. Lors de la production de fumée, s'assurer que la configuration de l'air n'est pas modifiée par la position ou le mouvement du corps, ou par l'angle du tube fumigène.
3. Dès la fin de l'essai, neutraliser les tubes fumigènes conformément aux instructions du fabricant avant de les mettre au rebut.

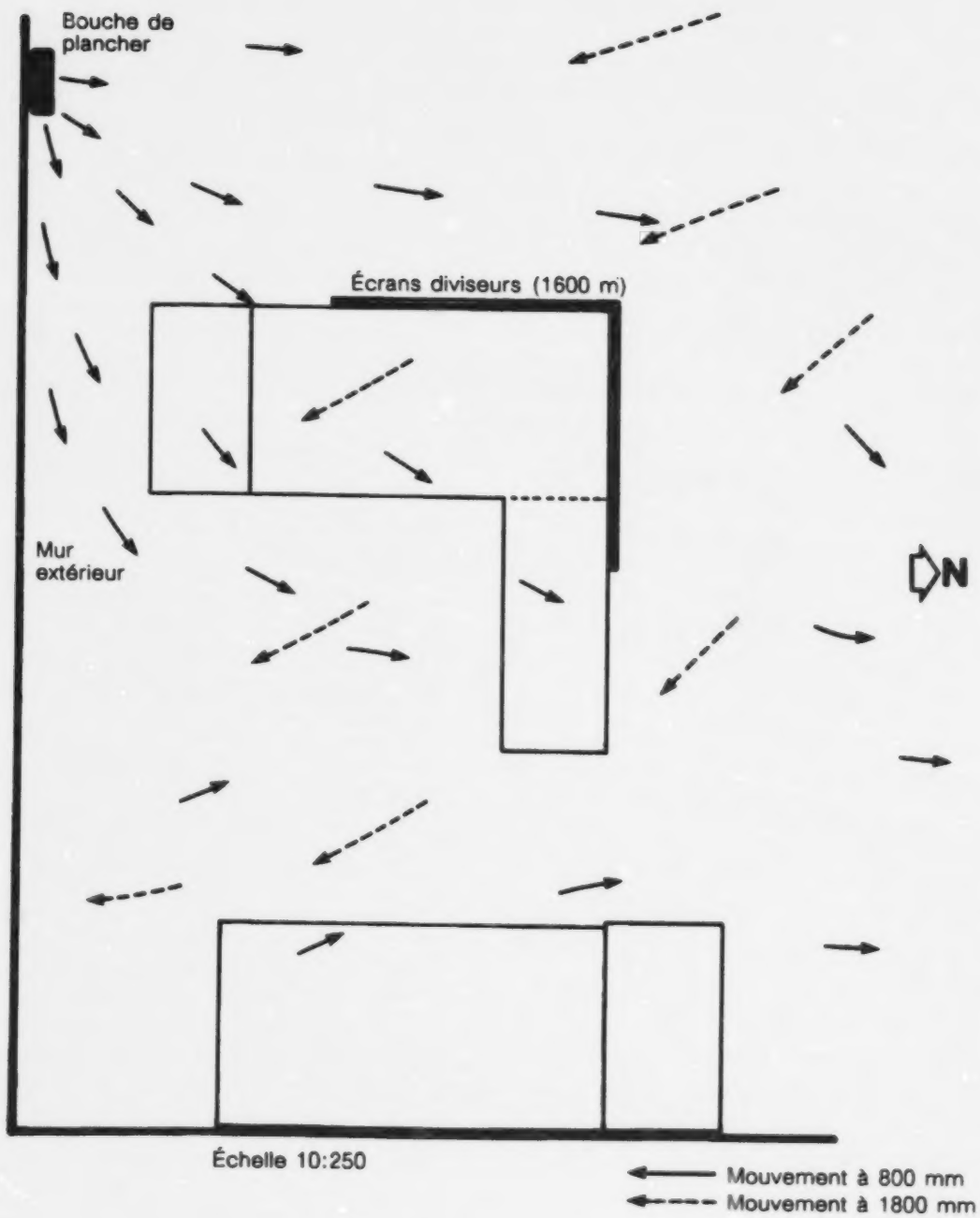


Figure 3.2.1: Configurations de flux d'air obtenues par les tubes fumigènes

3.2.1.4 Évaluation

Des croquis sont exigés, indiquant la configuration d'ensemble, s'il en existe une, ainsi que les configurations principales et locales. Les postes de travail qui font partie d'un échantillonnage ou qui représentent des points où des interactions et des problèmes précis ont été repérés doivent être bien identifiés sur les croquis. Ces derniers doivent être accompagnés d'une description écrite des conditions extérieures et d'exploitation au moment des essais.

La phase suivante consiste à déterminer la nature des problèmes que les diverses configurations pourraient causer aux occupants. De grandes poches d'air stagnant indiquent généralement un défaut de ventilation. Pour déterminer l'efficacité du réseau de ventilation, il faut étudier les configurations de microcirculation d'air dans les postes de travail individuels. Cette étude se fait à l'aide de tubes fumigènes ou par la technique thermographique à gaz de traçage exposée au paragraphe 3.3.

Il est important d'étudier les effets des configurations sur les occupants situés en aval, car certains d'entre eux peuvent recevoir de l'air usé. Cette considération revêt un intérêt particulier si l'air usé provient de zones occupées par des fumeurs. Toutefois, avant de formuler des conclusions définitives, il faut mesurer les microcirculations à la sortie des bouches de soufflage. Les flux d'air provenant de zones de chargement, de cuisines, de salles de toilette, de salles d'imprimerie et autres installations du genre peuvent être la source d'air vicié.

L'ensemble des plans des étages, des croquis et des notes doit être conservé dans les dossiers du projet.

Habituellement, les résultats de l'évaluation font l'objet d'une note de service comportant les schémas des configurations de circulation de l'air.

3.2.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Ce genre d'évaluation d'un bâtiment de 10 000 m² composé d'environ 75% d'aires ouvertes peut être menée par une personne en une journée de travail. En une autre demi-journée de travail, les configurations peuvent être dessinées, accompagnées de notes. Le temps total nécessaire, y compris l'évaluation des résultats d'autres études, ne devrait pas dépasser une semaine-personne.

3.2.2 **Méthode B**

3.2.2.1 Description de la méthode

La seconde des deux techniques de mesure simples étudie les macromouvements d'air dans un bâtiment à l'aide de ballons à sustentation lâchés à divers endroits préétablis. Cette technique est mieux adaptée aux grandes aires ouvertes, tandis que les tubes fumigènessont préférables dans les endroits dotés de nombreux écrans ou dans les bureaux à cloisons.

3.2.2.2 Équipement

L'évaluation des configurations de macrocirculation d'air exige les articles suivants, en quantités proportionnées à l'ampleur de l'étude, aux dimensions du bâtiment et au nombre de techniciens:

1. Ballons de feuille métallique
2. Hélium comprimé
3. Tubes fumigènes
4. Chariot sur roues
5. Plans d'étage
6. Ruban gommé et trombones
7. Planchette

Article 1
Ballons de feuille métallique – diamètre minimal de 300 mm avec grands chiffres d'identification

Article 2
Hélium comprimé : Disponible en contenants jetables à base pression, ou en bouteilles sous haute pression utilisées dans le domaine médical ou industriel. L'emploi des bouteilles exige un détendeur de pression avec adapteur du tuyau conique, un clé spéciale et un rouleau de ruban en Teflon. La bouteille doit être assujettie à l'aide d'un serre–bouteille solide ou être fixée par des sangles sur un chariot à quatre roues.

Article 3
Tubes fumigènes – voir le paragraphe 3.2.1.2

3.2.2.3 Démarche détaillée

Bien que le taux d'occupation et les charges de chauffage et de refroidissement varient généralement durant l'année, les essais doivent être entrepris lorsque les conditions du bâtiment sont normales pour la période de l'année et durant les heures normales de travail.

En premier lieu, le technicien étudie les plans et le dossier des plaintes afin de dresser une liste d'essais, selon les critères indiquésen 3.2.1.3. Avant le début des essais, les pressions du systèmes mécanique doivent être connues afin de pouvoir choisir les lieux d'essais et, partant, un choix de conditions "normales" et "anormales".

L'étude des configurations du mouvement d'air des zones périmétriques dotées de réseaux de chauffage et de refroidissement distincts doit être doublement documentée, soit une fois pour chaque réseau en service. La vélocité et la direction du vent à l'extérieur du bâtiment doivent être notées.

Gonfler les ballons à l'hélium. Ajouter le ruban gommé et les trombones au besoin pour équilibrer la sustentation.

Lâcher environ six ballons d'aussi près des postes de travail que possible, à hauteur de personne assiste (environ 1100 mm de plancher). Marquer leur direction, leur hauteur et leur vitesse sur le plan d'étage approprié et écrire tout renseignement pertinent. Inscrire les heures et les dates des essais, ainsi que le nom du technicien.

Nota: La flottabilité des ballons est très sensible à de faibles écarts de température de l'air. Cette caractéristique peut donner de fausses indications sur les courants d'air verticaux lorsqu'un ballon change de zones de température, soit par exemple en passant d'une aire centrale à une aire périmétrique. Il est donc important d'interpréter avec prudence les mouvements verticaux des ballons.

La durée de dérive permise pour un ballon dépend de son mouvement. Libérer tout ballon qui s'immobilise contre un meuble, à moins qu'il n'atteigne une bouche de reprise. Utiliser les tubes fumigènes pour confirmer la présence de courants d'air et pour identifier les courants transversaux, les séparations de flux et les mouvements d'air à travers diverses ouvertures tels que portes et couloirs. Utiliser la même méthode pour procéder à des relevés ponctuels des flux dans les grandes aires ouvertes, les corridors ou tout autre endroit exigeant un supplément de données.

Des trajectoires apparentes d'air de reprises peuvent indiquer la présence de modification non documentées apportées au bâtiment. Pour en avoir la preuve, il peut être nécessaire de repérer visuellement ces trajectoires douteuses. Porter les indications voulues sur les plans.

La figure 3.2.2 illustre un plan d'étage simplifié typique indiquant lesconfigurations de grands mouvements d'air.

3.2.2.4 Évaluation

Pour déterminer les configurations d'ensemble, le technicien analyse les courants d'air tracés sur les plans d'étage. Il établit un croquis de ces courants d'air et y ajoute des renseignements sur les conditions atmosphériques et sur les conditions de fonctionnement su système mécanique au moment des essais.

Tous les résultats sont consignés sur les plans d'étage annotés et comparés aux résultants escomptés et aux résultats d'autres évaluations techniques, telles que:

1. Évaluation de la migration des polluants
2. Évaluation de la teneur en gaz carbonique
3. Évaluation de la teneur en particules
4. Définition des microconfigurations de flux d'air
5. Essais de fuites d'air
6. Essais du système mécanique
7. Évaluation du débit de ventilation
8. Évaluation du confort thermique

Pour plus de renseignements sur les secteurs problèmes potentiels, voir le paragraphe 3.2.1.4.

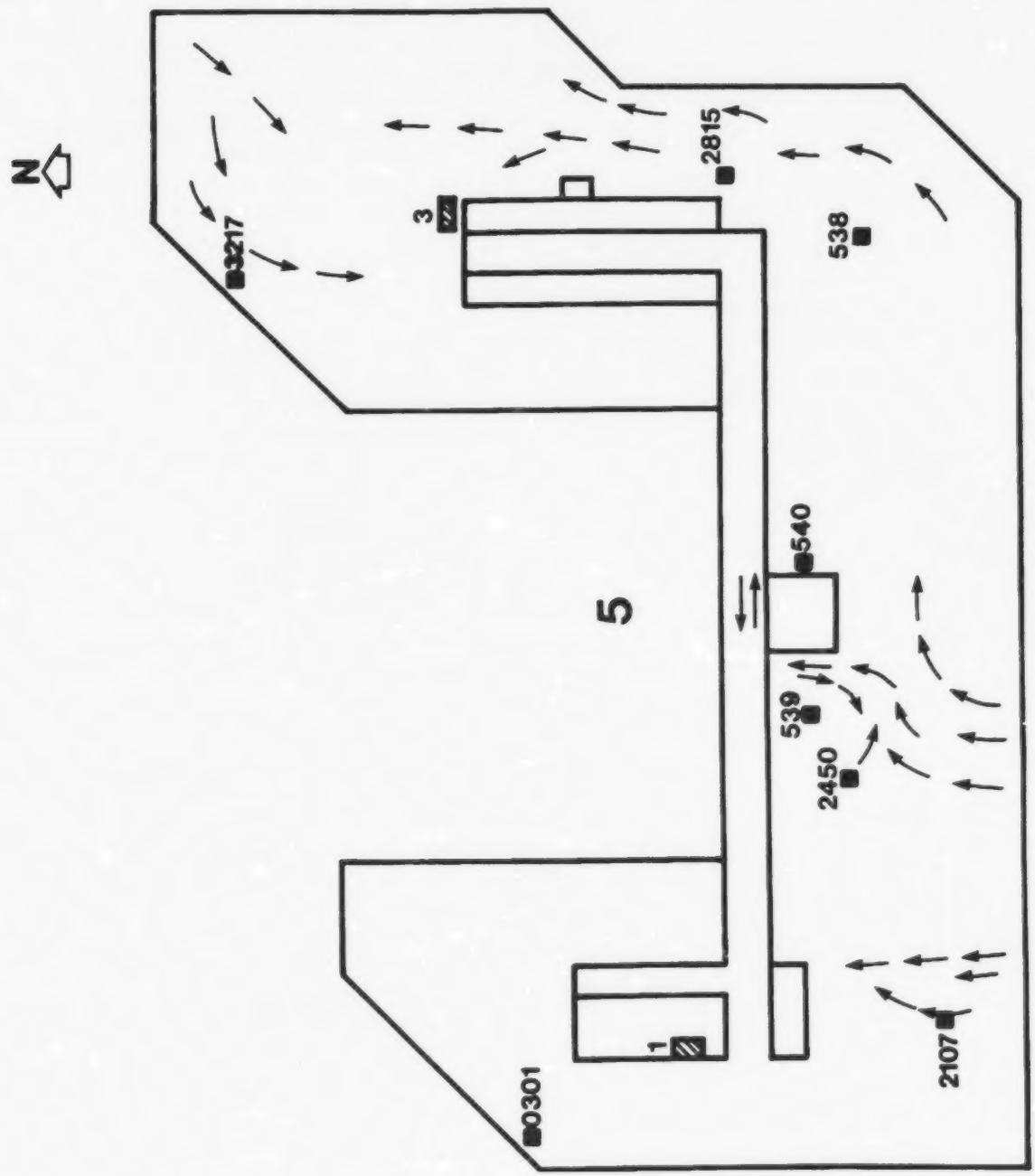


Figure 3.2.2: Plan d'étage illustrant les configurations des grands mouvements d'air.

Pour relier les résultats des essais, un tableau analogue à l'exemple suivant peut être et devrait être inclus dans l'étude.

Endroit	CO_2	Particules (cmg/m³)	Matières organiques	Circulation de l'air	Remarques
1	640	127		point mort	plaintes
2	560			léger mouvement d'air	
3	500	58		mouvement d'air	plaintes
4A				mouvement d'air	
5		58	plus que moyenne	léger mouvement d'air	
7				mouvement d'air	plaintes
9		93			
19/33		116		point mort	plaintes
22	640	69	plus que moyenne	point mort	
24	640	69	plus que moyenne	point mort	
26		150	plus que moyenne	mouvement	plaintes
31A	520–580	116		léger mouvement d'air	
34	640			point mort	plaintes

Table 3.2.1: Comparaisons de la circulation de l'air et de la teneur en CO_2, en particules et en matières organiques

Les résultats doivent répondre à tous les paramètres suivants, bien qu'ils ne représentent pas tous nécessairement un facteur d'évaluation dans un bâtiment donné :

1. Configurations générales de l'air dans un bâtiment et explications des mécanismes qui en sont à la source;
2. Exceptions aux configurations générales du flux et exposé des raisons;
3. Comparaison des configurations des zones intérieures et des zones périmétriques;
4. Examen des configurations observées par rapport aux configurations prévues;
5. Examen des effets de la vélocité et de la direction du vent sur les configurations du flux d'air à l'intérieur;
6. Examen des effets, sur les configurations de flux d'air, de tout écart dans les conditions prévues et réelles de fonctionnement du système mécanique;
7. Mode de fonctionnement et fréquence d'utilisation des portes de baies de chargement, ainsi que des portes d'entrée et de sortie, de livraison et de chargement du matériel; ampleur des échanges permis par ascenseurs d'un étage à l'autre; effets de l'ensemble de ces facteurs sur les configurations du flux d'air.

Les résultats doivent être accompagnés de plans d'étage, (de préférence 8 x 11 po) comportant une description nette et concise des principales structures et des croquis des configurations de flux. Il faut également indiquer les élévations décrivant des configurations complexes.

Chaque rapport doit inclure une série de calques des plans d'étage, illustrant les zones mécaniques, les groupes de travail et les configurations de circulation d'air. Les déflecteurs de fumée et l'agencement des diffuseurs doivent être indiqués. Il est souhaitable d'illustrer les concentrations de dioxyde carbonique (en courbes si possible) au moyen de calques sur les trajectoires d'air de reprise. Le rapport doit comporter en outre un tableau de l'ensemble du bâtiment indiquant la densité d'occupation en mètres carrés par personne, par groupe de travail, par zone mécanique, par étage et par autres séparations (par exemple corridors). Idéalement, il est bon d'inclure sur ce tableau, ou sur un analogue, le volume d'air frais fourni par le réseau CVC, le volume d'alimentation calculé et les besoins des occupants selon l'ASHRAE. Cette façon de procéder offre une référence rapide aux spécialistes de toutes disciplines qui veulent établir des comparaisons.

La partie suivante constitue un examen des conclusions qui sont tirées des résultats.

Certaines trajectoires d'air de reprise peuvent ne pas être telles que prévues. Il arrive souvent que ce problème soit provoqué par des trous dans les cloisons, au–dessus ou au–dessous de faux plafonds, l'ajout de cloisons, par la présence de meubles formant de hauts obstacles continus, par des registres coupe–feu défectueux ou par la mise en place d'installations qui obligent à pratiquer des ouvertures dans les planchers (par exemple des monte–charge).

Parfois, la construction originale empêche l'air de reprise d'emprunter la configuration prévue. Dans ce cas, il peut s'agir de décisions prises à pied–d'oeuvre ou d'un manque de coordination entre les divers concepteurs et les corps de métiers. Bien que les configurations ne répondent nécessairement pas à celles qui ont été calculées, les trajetsde circulation empruntés ne sont pas nécessairement moins efficaces. Cependant, il est nécessaire qu'ils fassent l'objet d'une bonne documentation afin de mieux comprendre le fonctionnement du bâtiment, derepérer les secteurs problèmes potentiels et d'évaluer avec précision les effets de tout travail de remise à neuf envisagé.

Toute recommandation découlant de cette évaluation doit comporter une description des changements de trajectoire proposés accompagnée d'une explication de tels changements, indiquant les avantages prévus ainsi que les effets sur les autres paramètres environnementaux tels que le confort thermique et l'acoustique. En outre, la recommandation doit inclure des lignes directrices permettant de maintenir la qualité du milieu après les travaux de réaménagement. À titre d'exemple, on peut citer des conseils sur une meilleure orientation d'écrans ou de rangées de classeurs visant à réduire au minimum certains effets indésirables.

Les recommandations concernant le maintien du statu quo ont également leur place.

3.2.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Normalement, le relevé de données précises dans une période raisonnable exige une équipe de deux personnes.

On estime qu'une étude sérieuse du genre décrite ci–dessus prend une demi–journée par 10 000 m². Le temps varie en fonction des caractéristiques de l'intérieur du bâtiment, soit par exemple le rapportaires ouvertes – bureaux encloisonnés, le nombre de corridors et d'ouvertures, et en fonction du nombre d'échantillons nécessaires.

Le rapport doit inclure tous les résultats disponibles provenant d'autres essais et sa rédaction exige environ 4 journées-personne.

Dans le cas d'un bâtiment d'environ 10 000 m², le temps total en main-d'oeuvre est de 7 jours de travail, sans compter le temps de consultation, de dactylographie et d'impression.

3.3 ÉTAPE III - MONITORAGE DÉTAILLÉ ET SPÉCIALISÉ

3.3.1 Description des techniques

Les essais de microcirculation d'air permettent de détecter les configurations dans une aire de travail sans perturber le flux d'air. Il est ainsi possible de vérifier si l'air d'alimentation se mélange bien, s'il arrive jusqu'aux occupants dans de bonnes conditions thermiques et s'il est évacué jusqu'au plénum de reprise.

Un faible volume de gaz de traçage (soit hexafluorure de soufre, SF_6, ouprotoxyde d'azote N_20) est injecté dans le réseau CVC près du poste de travail. le gaz de traçage absorbe les radiations infrarouges et, vu à travers un lecteur d'infrarouges, il voilera ou masquera le signal émis par les objets situés derrière lui. Lorsque le gaz de traçage véhiculé par l'air d'alimentation pénètre dans l'espace, il est possible d'enregistrer une image de la configuration de la distribution de l'air qui apparaît sur l'écran du lecteur. Il est également possible d'améliorer l'image par traitement supplémentaire. Les gaz N_20 et SF_6 sont très pratiques car ils sont aisément disponibles, à peine plus lourds que l'air, détectables à l'imagerie infrarouge, non toxiques et inflammables à faibles concentrations.

L'hexafluorure de soufre possède un avantage sur le protoxyde d'azote : il absorbe le rayonnement dans la gamme d'ondes de la radiation d'objets à température normale d'une pièce, éliminant ainsi le besoin de l'arrière plan chauffé exigé dans le cas du protoxyde d'azote.

La réponse aux questions suivantes est à la base du choix entre les deux gaz:

1) Dispose-t-on d'un lecteur à grandes ondes ou à ondes courtes? S'il s'agit d'un lecteur à ondes courtes, le N_20 doit être utilisé, s'il s'agit d'un lecteur à grandes ondes, le SF_6 doit être utilisé. Si les deux genres de lecteurs sont disponibles, le choix est déterminé par les considérations suivantes:

2) Est-ce qu'un arrière-plan chauffé va modifier la configuration de la circulation dans l'air à l'étude? (Soit par exemple un secteur de petits bureaux par rapport à une grande aire ouverte). Si tel est le cas, le choix devra porter sur l'ensemble lecteur à grandes ondeset SF_6 si un arrière-plan chauffé n'est pas exigé.

3) Le traitement de l'image est-il disponible? Cette condition s'imposera si le SF_6 est utilisé sans arrière-plan chauffé.

Un système thermographique représente le principal instrument exigé pour la visualisation de la circulation de l'air à l'aide de l'hexafluorure de soufre. Le lecteur

peut détecter la radiation thermique émise entre 8 et 12 micromètres dans le spectre électromagnétique. C'est dans cette largeur de bande de fréquences que l'absorption de l'hexafluorure de soufre atteint son maximum. En d'autres termes, si ce gaz est présent dans l'atmosphère entre un objet et la caméra, la puissance du signal reçu par cette dernière est réduite et l'image thermique normalement observée sera donc obstruée et montrera celle du gaz, en sombre.

L'image peut être enregistrée et traitée numériquement de façon telle que l'arrière-plan est supprimé, ne laissant que la configuration du gaz.

Pour s'assurer raisonnablement que ses résultats sont précis, le technicien doit être en mesure d'évaluer les détails nécessaires sur place lors de son travail. Dans cette méthode, la complexité des flux d'air représente le facteur primordial.

Lorsque cette technique est utilisée, l'équipe à pied d'oeuvre doit faire appel à un spécialiste en thermographie.

Si un arrière-plan chauffé est utilisé avec le SF_6 ou le N_20, le traitement de l'image n'est pas exigé et la technique peut être considérablement simplifiée. Dans la plupart des cas cependant, il est souhaitable d'éviter un arrière-plan chauffé. C'est ainsi que les paragraphes suivant décrivent la technique faisant appel au SF_6 at au lecteur à grandes ondes sans arrière-plan chauffé. La technique utilisant le N_20 avec lecteur à ondes courtes et arrière-plan chauffé est détaillée à la section 5.3.

3.3.2 Équipement

L'analyse des configurations de microcirculation d'air exige l'équipement suivant.

1. Lecteur à grandes ondes Thermovision* de modèle 782, avec lentille de 20° et trépied.
2. Convertisseur de balayage Viewscan* SC700 avec câble d'alimentation
3. Système d'enregistrement d'images numériques IMAGPAC* avec cassettes à mémoire à bulles
4. Câbles de raccordement – 780 à SC 700
   – SC 700 à IMAGPAC
   – SC 700 à magnétoscope (BNC à BNC)
5. Chariot sur roues
6. Câble de rallonge Thermovision de 10 m
7. Contenants de 1 L et de 10 L d'azote liquide
8.** Magnétoscope portatif et rubans vidéo ordinaires
9. Moniteur portatif (monochrome) avec câble de raccordement au magnétoscope
10. Bouteille d'hexafluorure de soufre (SF_6) – Bouteille pour lecture
11. Robinet à aiguille pour bouteille de SF_6. Il est possible d'utiliser de plus grandes bouteilles mais elles doivent comporter un détendeur de pression à 2 étages au lieu d'un robinet à aiguille
12. Tube de plastique de 6 mm de diamètre intérieur (15 m)
13. Quatre (4) projecteurs avec pieds
14. Chariot porte-bouteille
15. Clé à bouteille

16. Ruban à conduit, ruban de Téflon, ruban noir d'électricien, ruban d'aluminium
17. Perçeuse – mèche de 12 mm
18. Carnet de notes
19. Plans indiquant l'emplacement du poste de travail, des thermostats et de la boîte de réglage
20. Fils de rallonge de 15 m (3 prises)
21. Hotte de flux d'air
22. Anémomètre thermique
23. Plate-forme de laboratoire, pinces, robinets
24. Échelle de 2 m
25. Clé de thermostat

• Thermovision est la marque déposée de Agema Infrared Systems. Viewscan et Imagpac sont des marques déposées de Viewscan Ltée.

•• Facultatif

3.3.3 Démarche détaillée

1. Avant l'essai, examiner le poste de travail et localiser le diffuseur, les bouches de retour d'air le thermostat, et la boîte de mélange.

2. Amener le matériel sur les lieux. Percer un trou dans la gaine d'alimentation à au moins 0.5 m du diffuseur, poser le tube de plastique au centre de la gaine face au flux et fixer avec du ruban. Pour les grosses gaines, il est préférable d'attacher le tube à un tube métallique de petite diamètre préforé à 150 mm entre axes et del'insérer dans la gaine. Cette façon de procéder favorise une distribution plus égale du gaz dans la gaine. Faire sortir le tube du plafond à au moins 6 m du point d'essai. Reposer le panneau du plafond en prenant soin de ne pas placer le tube.

3. Poser le détendeur de pression sur la bouteille de SF_6, conformémentaux instructions du fabricant. Poser du ruban de Téflon sur les joints filetés.

4. Poser deux bandes d'aluminium de 25 mm de largeur horizontalement sur le mur du poste de travail, à 1700 mm et à 1100 mm au-dessus du plancher, pour servir de témoins de hauteur pour l'image. Ces hauteurs représentent la hauteur moyenne de la tête d'une personne debout et assise. Si aucun mur ne convient en arrière-plan, les bandes d'aluminium peuvent être posées sur un portemanteau ou autre endroit analogue situé dans le champ de vision du lecteur.

5. Monter le lecteur 782 sur son trépied et régler l'ouverture à 1.8.

6. Remplir le vase de Dewar du lecteur avec de l'azote liquide, en prenant les précautions voulues pour éviter toute brûlure à la peau ou aux yeux.

7. Orienter le lecteur de manière à faire face au secteur à l'étude. Il doit être placé aussi loin que possible pour englober le plus vaste champ de vision possible. Lever le lecteur de façon que le plafond et la bande témoin à 1700 mm soient dans le champ de vision.

8. Déplacer le chariot portant le reste du matériel à l'écart de la zone d'essais et hors du champ de vision du lecteur. Placer la bouteille de SF_6 près du chariot. Fixer le tube de plastique du plafond au détendeur et poser du ruban noir d'électricien autour de tous les raccordements de tubage.

9. Raccorder les batteries ou l'alimentation secteur à l'appareil Thermovision et brancher le câble du lecteur.

10. Brancher le convertisseur de balayage au jack auxiliaire de l'appareil Thermovision.

11. Brancher le IMAGPAC au convertisseur et introduire une cassette à mémoire à bulles dans le IMAGPAC.

12. Brancher la batterie au convertisseur de balayage ou l'alimentation de 120 volts à l'IMAGPAC (mais pas les deux).

13. Brancher le magnétoscope au convertisseur de balayage et introduire une cassette vidéo.

14. Installer les quatre projecteurs en arrière du lecteur de manière à éclairer le plus uniformément possible le champ de vision.

15. Allumer l'appareil Thermovision.

16. Allumer le convertisseur de balayage.

17. Allumer le magnétoscope et y brancher le microphone.

18. Régler la distance et le niveau de l'appareil Thermovision afin d'optimiser le contraste du gaz (froid) contre l'arrière-plan (chaud). L'arrière-plan doit être réglé à un niveau gris relativement élevé (80% ou davantage).

19. Régler le magnétoscope à "Record" et, à l'aide du microphone, enregistrer la date, le numéro de l'essai, le lieu de l'essai, etc. sur la cassette.

20. Enregistrer une image sur le IMAGPAC.

21. Fermer le robinet à aiguille du détendeur, fermer le détendeur intermédiaire et ouvrir le robinet de la bouteille de SF_6. Ajuster le détendeur intermédiaire de façon à régler la pression de sortie au point le plus bas du manomètre. N'ouvrir le robinet à aiguille que lorsque l'on entend le bruit du SF_6 qui s'échappe.

22. Enregistrer les images sur l'IMAGPAC à intervalles réguliers (ex. : aux trois secondes).

23. Lorsqu'on a atteint des conditions stables, fermer le gaz mais continuer l'enregistrement jusqu'à la disparition du gaz de traçage.
(Afin de permettre le traitement ultérieur de l'image, il est essentiel que le lecteur ne soit pas déplacé et que tous les réglages des appareils ne soient pas touchés durant toute la durée de l'essai).

24. Brancher le moniteur au magnétoscope et s'assurer que les images surruban et sur cassette à mémoire à bulles ont été convenablement enregistrées.

25. Mesurer le flux moyen de l'air au diffuseur à l'aide de la hotte. Alternativement, utiliser un anémomètre à fil chaud à quatre points sur la longueur du diffuseur, puis mesurer la surface d'ouverture du diffuseur pour calculer le débit du flux d'air.

26. Réduire le débit d'air d'alimentation (avec un système à volume d'air variable, monter le point de repère du thermostat de commande). Attendre jusqu'au rétablissement complet d'une bonne configuration d'arrière-plan puis reprendre l'essai à partir de l'étape 19. Idéalement, trois essais doivent être réalisés sur chaque diffuseur, soit un flux maximal, un au flux minimal et un au flux moyen. Le technicien est ainsi en mesure de déterminer si la configuration de la circulation d'air change sur l'ensemble de la plage de flux.

27. Consigner les renseignements suivants sur le carnet de notes:
    - nom du bâtiment
    - date et heure
    - technicien(s)
    - numéro du poste de travail
    - croquis du poste de travail indiquant l'emplacement du diffuseur, des meubles, et du lecteur
    - conditions spéciales (ex. : porte de bureau ouverte, cloison soulevée du sol, ventilateur supplémentaire en service)
    - numéros des cassettes à mémoire à bulles (Bubble memory cassette) et de vidéo pour chaque essai, ainsi que le genre d'essai, et les chiffres au compteur du magnétoscope
    - mesures d'air au diffuseur

28. Une fois les essais terminés, démonter le matériel. Poser solidement du ruban à conduit sur les trous percés dans la gaine d'alimentation.

29. Enlever le détendeur du SF_6 et revisser le capuchon de la bouteille avant de changer d'endroit. Cette précaution est impérative lors de déplacements dans un ascenseur.

Une méthode analogue qui peut être employée avec la précédente ou comme autre solution consiste à lâcher le gaz de traçage à l'emplacement de l'occupant, à hauteur de tête en position assise ou debout. La plupart des étapes indiquées sont identiques, si ce n'est que le tube de la bouteille de SF_6 est soutenu et se termine au point où l'occupant travaille généralement.

Une second variante consiste à utiliser une plate-forme et une série de sorties (à des hauteurs de 100 mm, 600 mm, 1100 mm et 1700 mm au-dessus du sol) pour lâcher le SF_6 à la verticale.

3.3.4 Évaluation

Les renseignements obtenus sont enregistrés de deux façons:

- Une image continue en mouvement sur cassette vidéo (certains arrêts du mouvement indiquent les points d'enregistrement d'images numériques sur IMPAGPAC);
- Des images fixes enregistrées numériquement sur les cassettes IMAGPAC à mémoire à bulles.

Ces dernières sont les plus importantes et représentent les principaux documents utilisés pour l'analyse ultérieure; c'est la raison pour laquelle le magnétoscope n'est indiqué qu'à titre facultatif sur la liste du matériel du paragraphe 3.3.2. Cependant, les images du magnétoscope peuvent offrir une liaison utile entre les images numériques et peuvent être fort pratiques pour visualiser ce qui se passe réellement dans les configurations de flux d'air.

La première étape de l'analyse consiste à transférer les images des cassettes à mémoire à bulles sur disquettes de format IBM–PC. Pour cela, on branche le IMAGPAC à la porte–série d'un ordinateur IMB–PC (ou compatible) et on suit la méthode de transfert du programme du système de traitement de l'image Pericolor II.

Les images sont ensuite améliorées à l'aide du système Pericolor II. Pour chaque jeu d'images d'un agencement, l'image d'arrière–plan original (étape 20, paragraphe 3.3.3) est supprimée de toutes les images suivantes. Les images restantes n'indiquent que le gaz de traçage et lebruit de fond. Si ce bruit de fond est important, on procède à un assourdissement pour réduire le bruit parasite et rendre l'apparence de la configuration du gaz de traçage plus uniforme.

Une échelle verticale, le temps entre les images, le nom du bâtiment et le numéro du poste de travail sont ensuite codés sur l'image et on tire une copie.

En étudiant les images, les points suivant doivent être considérés, à savoir:

1. Le temps pris pour atteindre un état stable
2. Si les configurations de l'alimentation d'air sont diffuse ou directe
3. La profondeur de pénétration de l'air d'alimentation
4. Si une partie quelconque de l'air d'alimentation passe directement dans le plénum de reprise sans s'écouler dans l'espace occupé.
5. S'il existe des différences de configurations de flux lorsque les diffuseurs sont près l'un de l'autre, à moins de 3 m, ou à plus de 3 m.
6. Les caractéristiques de chasse de la configuration, c'est–à–dire si le poste de travail est débarrassé du SF_6 rapidement et de façon uniforme, à un rythme différent selon les secteurs, ou pas du tout.

Après avoir étudié les points susmentionnés, le spécialiste doit être enmesure de répondre aux questions suivantes :

1. Est–ce que l'air d'alimentation descend jusqu'au niveau de l'occupant?
2. Est–ce que le genre de débit du diffuseur favorise le confort thermique (ex. : pas direct et violent)?

3. L'air d'alimentation se mélange-t-il bien?
4. Les changements de vélocité de l'air incluent-ils sur la configuration de la circulation?
5. L'air vicié est-il chassé de l'espace?
6. Existe-t-il différentes configurations de flux à diverses hauteurs?

Il est à remarquer que l'essai est réalisé à un endroit donné dans le temps et que les conditions de l'essai doivent refléter celles qui prévalent dans l'espace avec occupation et charges normales et avec des systèmes mécaniques et de commande fonctionnant de façon habituelle. Les conditions matérielles et environnementales du poste de travail doivent également être remarquées si les conclusions doivent s'appliquerà d'autres endroits analogues.

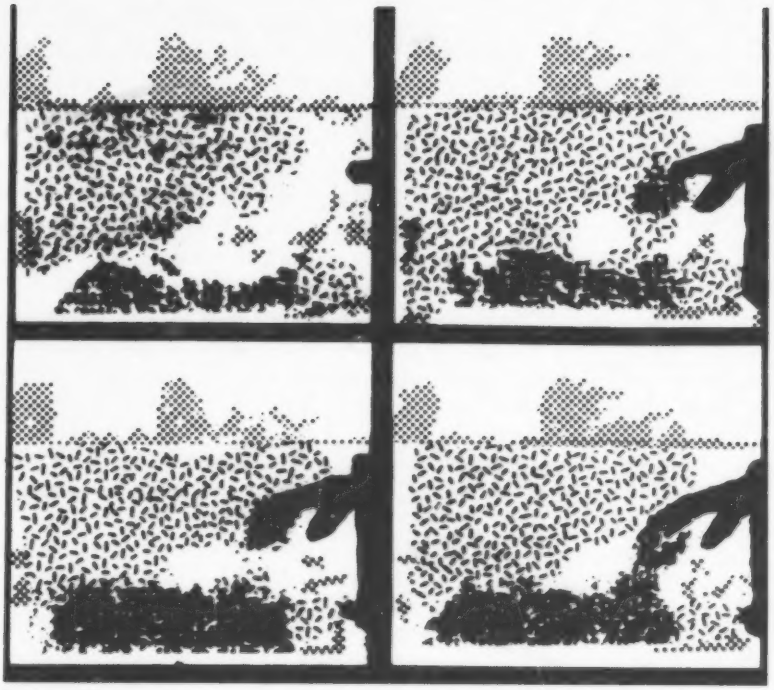
Les résultats des essais sont présentés sous forme de rapport. Étant donné que ce niveau fournit des renseignements touchant l'efficacité du réseau d'alimentation en air, des recommandations devraient être incluses le cas échéant pour améliorer les configurations de microcirculation.

La figure 3.3.1 illustrent les résultats d'essais de microcirculation d'air.

3.3.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Dans le cas des essais de microcirculation, les renseignements suivant peuvent servir de guide afin d'établir les besoins exigés pour les essais de configuration d'air de circulation à l'aide de gaz de traçage. Habituellement, une équipe de deux personnes est exigée pour assurer l'enregistrement précis des données dans un temps raisonnable.

emballage du matériel	4 heures
déballage et vérification du matériel	1 heure
montage et exécution à chaque emplacement d'essai (2 personnes)	1.5 h/essai
emballage et transport du matériel	2 heures
analyse complète et documentation (par emplacement)	8 heures



Essai d'absorption du gaz de traçage
Système 782 à grandes ondes, lentilles 20°
Gaz traceur, SF_6
Arrière-plan non chauffé

Figure 3.3.1: Essai de microcirculation d'air à l'hexafluorure de soufre

4. RÉFÉRENCES

1. American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE 55–1981 : Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

2. American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers. **ASHRAE 62–1981 : Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.** Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

3. _____. **ASHRAE 70–72. Method of Testing for Rating the Flow Performance of Outlets and Inlets.** Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

4. _____. **ASHRAE Fundamental Handbook.** Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, 1981.

5. _____. **ASHRAE SPC 113P, Method of Testing for Room Air Diffusion.** Draft #2. American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, dec. 1985.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS STANDARDS DE MESURE

Air d'alimentation – air véhiculé dans l'espace conditionné et utilisé pour la ventilation, le chauffage, le refroidissement, l'humidification ou déshumidification.

Air de reprise – air enlevé d'un espace pour être ensuite recirculé ou évacué à l'extérieur.

Air de ventilation – cette portion d'air d'apprivoisement qui contient de l'air venant de l'extérieur de l'immeuble et de l'air recirculé qui a été traité pour maintenir une qualité d'air d'intérieur acceptable.

Aire ouverte – toute aire dont les dimensions sont supérieures à l'espace entre deux appareils terminaux plus 4.5 m, et non close par des murs ou par des cloisons. Dans ces zones, les murs n'ont pas un effet signifiant sur les courants d'air créés par le système de diffusion d'air.

Air recirculé – air de reprise d'un espace conditionné et réutilisé comme air de circulation.

Bouche de reprise – dispositif (grille, registre, diffuseur ou fente) par lequel l'air est repris ou renvoyé d'un espace conditionné.

Bouche de soufflage – dispositif (grille, registre, diffuseur ou fente) par lequel l'air est introduit dans un espace conditionné. Tous les accessoires, adapteurs de raccordement de gaines et autres dans lesquels l'air circule peuvent être considérés comme faisant partie de la bouche de soufflage à l'essai et doivent, dans ce cas, être indiqués comme un groupe ou un ensemble. Une bouche de soufflage peut être isolée continue ou modulaire.

Bureau encloisonné – espace clos de dimension égale ou inférieure à la distance entre deux diffuseurs, plus de 4 ou 5 mètres. Les murs peuvent avoir un effet significatif sur les courants d'air créés par le système de diffusion d'air.

Cloison – mur inamovible construit sur place. Elle peut être construite de matériaux divers, tels que blocs de maçonnerie, plaques deplâtre ou panneaux de verre, sans qu'il soit nécessaire qu'elle atteigne le dessous du plafond.

Diffuseur – bouche conçue pour diffuser l'air dans diverses directions et sur divers plans.

Diffusion – distribution de l'air dans un espace par une bouche de soufflage d'air d'alimentation dans diverses directions et sur divers plans.

Espace de sortie – la distance entre les ouvertures adjacantes de sortie d'air circulé. Mesurée dans la direction du plus important volume d'air de décharge.

Fente – bouche de soufflage longue et étroite (rapport généralement supérieur à 10 sur 1).

Grille – surface perforée ou lamelles sur une ouverture.

Registre – ensemble grille et volet.

Température de l'air (Ta) – température de l'air mesurée à un point d'essai dans l'espace conditionné.

Ventilation – alimentation d'enlèvement d'air dans un espace par moyens naturels ou mécaniques. L'air peut être conditionné ou non.

Zone d'intérieur – la région occupée parrallèle et à plus de 4.5 mètres du mur extérieur. Cette zone n'est pas affectée directement par les charges du mur extérieur de l'immeuble.

Zone occupée – partie d'un espace habituellement occupée par des personnes, généralement considérée comme étant entre le plancher et 1 800 mm au–dessus du plancher, et à plus de 600 mm des murs ou de l'équipement de conditionnement fixe.

Zone périmétrique – espace parallèle à un mur extérieur subissant les charges extérieures d'un bâtiment, et à moins de 4.5 mètres de ce mur.

Pour définir les configurations de flux d'air, les unités de mesure types suivantes sont utilisées :

vélocité de l'air	mètres par seconde	m/s
distance, hauteur	mètres, millimètres	m, mm
temps	xx:xx heures (0 à 24)	h
durée	heures, minutes, secondes	h, min., s
direction (plan horizontal)	principaux points cardinaux	
	ex.: nord	N
	sud–ouest	SW
	est–nord–est	ENE
direction (plan vertical)	angle par rapport à l'horizontale, en degrés –90° à +90°	

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÉGLEMENTATION APPLICABLE

Reconnaissant les problèmes de microcirculation d'air que pourrait entraîner la mauvaise utilisation des écrans, le Conseil du Trésor a publié le circulaire n° 1984–62, intitulée "Aération des locaux à bureaux". On y retrouve les stipulations suivantes :

a) les écrans et cloisons de bureaux ne doivent être utilisés :

- que lorsque cela est essentiel pour des raisons de confidentielité ou pour mettre l'employé à l'abri des distractions d'ordre visuel, d'une lumière éblouissante ou du bruit; et ce,
- seulement si l'on juge inacceptables d'autres méthodes de substitution, telles que l'utilisation de plantes, articles de mobilier, matériel et autres moyens d'atténuation de la visibilité, ou à atténuer le son; et
- qu'avec modération, lorsqu'ils servent à cloisonner un emplacement contigu aux murs extérieurs périmétriques, notamment quand il existe des installations de chauffage ou de refroidissement périmétriques; et

b) les mesures d'ordre interne doivent être conçues de manière à assurer :

- que les entrées et sorties d'air soient libres d'obstructions
- que l'espace au–dessus des écrans, bibliothèques, armoires, classeurs et autres articles semblables de mobilier et de matériel d'une hauteur supérieure à 140 cm soit libre d'obstructions;
- que le mobilier et le matériel soient disposés de manière à faciliter la circulation de l'air; et
- que l'on veille au maintien de la propreté et de la bonne ordonnance des lieux.

Les principes directeurs ci–dessus supposent que le système de ventilation lui–même fonctionne comme il se doit. S'il laisse à désirer, le ministère auquel incombent l'administration et le contrôle des locaux – en général, Travaux public Canada (TPC) – doit être prié de corriger le problème.

Conformément au Code national du bâtiment, aucun air provenant des salles de toilettes ne doit passer dans les locaux généraux.

5.3 ESSAIS DE MICROCIRCULATION D'AIR AVEC N_20 COMME GAZ DE TRAÇAGE

5.3.1 Description de la technique

La technique décrite dans le présente appendice diffère de celle détaillée au paragraphe 3.3 sur les aspects suivants :

- le protoxyde d'azote est utilisé comme gaz de traçage
- un lecteur à ondes courtes est utilisé
- un arrière-plan chauffé est utilisé

Le lecteur thermographique à ondes courtes utilisé peut détecter la radiation thermique entre 2 et 5.6 micromètres dans le spectre électromagnétique. Un filtre spécial introduit dans le lecteur réduit la largeur de la bande de fréquences détectée entre 4.475 et 4.425 micromètres. C'est dans cette mince couche que l'absorption du protoxyde d'azote atteint son maximum (415 micromètres). En d'autres termes, si ce gaz est présent dans l'atmosphère entre un objet et la caméra, la puissance du signal reçu par cette dernière est réduite et l'image thermique normalement observée sera obstruée.

Un arrière-plan chauffé permet d'accentuer le contraste sur l'image thermique et de mieux marquer les parties obstruées par le gaz. Les images sont enregistrées et traitées pour supprimer l'arrière-plan, ne laissant que la configuration du gaz.

5.3.2 Équipement

L'analyse des configurations de microcirculation d'air à l'aide de N_20 comme gaz de traçage exige le matériel suivant :

1. Lecteur à ondes courtes Thermovision de modèle 782, avec filtre bande étroite 4.475-4.4525 microns installé sur disque de filtre, lentille de 20° et trépied
2. Système à infrarouges 782 avec câble d'alimentation
3. Convertisseur de balayage Viewscan SC700 avec câble d'alimentation
4. Système d'enregistrement d'images numériques IMAGPAC avec cassettes à mémoire à bulles
5. Câbles de raccordement
   - 780 à SC 700
   - SC 700 à IMAGPAC
   - SC 700 à magnétoscope (BNC à BNC)
6. Chariot sur roues
7. Câble de rallonge Thermovision de 10 m
8. Contenants de 1 L et de 10 L d'azote liquide
9. Magnétoscope portatif et rubans vidéo ordinaires
10. Moniteur portatif (monochrome) avec câble de raccordement au magnétoscope
11. Bouteille de N_20 (pression nominale - 27 kg)
12. Détendeur de pression pour N_20 à deux étages (0 à 20 000 kPa, 0 à 200 kPa) avec raccord câble
13. Tube de plastique de 6 mm de diamètre intérieur (15 m)
14. Chariot porte bouteille
15. Clé à bouteille
16. Panneaux thermiques 0.6 m x 2.4 m (24)

17. Pinces de plafond ou attaches–pinces en acier, modèle relieuse avec poignées repliables (2 par panneau thermique)
18. Ruban à conduit, ruban de Téflon, ruban noir d'électricien, ruban d'aluminium
19. Perçeuse – mèche de 12 mm
20. Carnet de notes
21. Plans indiquant l'emplacement du poste de travail, des thermostats et de la boîte de réglage
22. Fils de rallonge de 15 m (3 pistes)
23. Hotte de flux d'air
24. Anémometre thermique
25. Plate–forme de laboratoire, pinces, robinets
26. Échelle de 2 m
27. Clé de thermostat

* Facultatif

5.3.3 Démarche détaillée

1. Avant l'essai, examiner le poste de travail afin de :

   - localiser le diffuseur et les bouches d'air de reprise
   - localiser le thermostat et la boîte de mélange.

   Établir l'emplaccment des panneaux thermiques; ils doivent être placés à au moins 1.5 m de l'alimentation et s'il s'agit d'un diffuseur à fente, ils doivent être perpendiculairement à sa direction longitudinale.

2. Percer un trou dans la gaine d'alimentation à au moins 0.5 m du diffuseur, poser le tube de plastique au centre de la gaine face au flux et fixer avec du ruban. Pour les grosses gaines, il est préférable d'attacher le tube à un tube métallique de petite diamètre préforé à 150 mm entre axes et de l'insérer dans la gaine. Cette façon de procéder favorise une distribution plus égale du gaz dans la gaine. Faire sortir le tube du plafond à au moins 6 m du point d'essai. Reposer le panneau du plafond en prenant soin de ne pas pincer le tube.

3. Poser le détendeur de pression sur la bouteille de N_20 conformément aux instructions du fabricant. Poser du ruban de Téflon sur les joints filetés.

4. Installer les panneaux thermiques en les fixant aux barres en T du plafond à l'aide de pinces de plafond en plastique. Ne pas forcer les carreaux de plafond afin de ne pas créer une ouverture au plénum. Laisser le bas des panneaux thermiques à l'aide de morceauxd'acrylique pour les maintenir verticaux.

5. Poser deux bandes d'aluminium de 25 mm de largeur horizontalement aucentre du panneaux, à 1700 mm et à 1100 mm au–dessus du plancher, pour servir de témoins de hauteur pour l'image. Ces hauteurs représentent la hauteur moyenne de la tête d'une personne debout et assise.

6. Installer les câbles de rallonge – 4 panneaux par circuit – brancher les panneaux.

7. Monter le lecteur 782 sur son trépied et régler la position du filtre pour correspondre à celle du filtre de N_20. Régler l'ouverture à 1.8.

8. Remplir le vase de Dewar du lecteur avec de l'azote liquide, en prenant les précautions voulues pour éviter toute brûlure à la peau ou aux yeux.

9. Orienter le lecteur de manière à faire face perpendiculairement aux panneaux thermiques, et assez loin pour englober horizontalement le plus de panneaux possible dans le champ de vision. Lever le lecteurde façon que le plafond la bande témoin à 1700 mm soient dans le champ de vision.

10. Déplacer le chariot portant le reste du matériel à l'écart de la zone d'essais et hors du champ de vision du lecteur. Placer la bouteille de N_20 près du chariot. Fixer le tube de plastique du plafond au détendeur et poser du ruban noir d'électricien autour de tous les raccordements de tubage.

11. Raccorder les batteries ou l'alimentation secteur à l'appareil Thermovision et brancher le câble du lecteur.

12. Brancher le convertisseur de balayage au jack auxiliaire de l'appareil Thermovision.

13. Brancher le IMAGPAC au convertisseur et introduire une cassette à mémoire à bulles dans le IMAGPAC.

14. Brancher la batterie au convertisseur de balayage ou l'alimentation de 120 volts à l'IMAGPAC.

15. Brancher le magnétoscope au convertisseur de balayage et introduire une cassette vidéo.

16. Allumer le système de Thermovision.

17. Allumer le convertisseur de balayage.

18. Allumer le magnétoscope, et y brancher le microphone.

19. Régler distance et le niveau de l'appareil Thermovision afin d'optimiser le contraste du gaz (froid) contre l'arrière-plan (chaud). L'arrière-plan doit être réglé à un niveau gris relativement élevé (80% ou davantage).

20. Régler le magnétoscope à "Record" et, à l'aide du microphone, enregistrer la date, le numéro de l'essai, le lieu de l'essai, sur la cassette.

21. Enregistrer une image sur le IMAGPAC.

22. Fermer le robinet à aiguille du détendeur, fermer le détendeur intermédiaire et ouvrir le robinet de la bouteille de N_20. Ajuster le détendeur intermédiaire de façon à régler la pression de sortie au point le plus bas du manomètre. N'ouvrir le robinet à aiguille que lorsque l'on entend le bruit du N_20 qui s'échappe.

23. Enregistrer les images sur l'IMAGPAC à intervalles réguliers (ex. : aux trois secondes).

24. Lorsqu'on a atteint des conditions stables, fermer le gaz mais continuer l'enregistrement jusqu'à la disparition du gaz de traçage.
(Afin de permettre le traitement ultérieur de l'image, il est essentiel que le lecteur ne soit pas déplacé et que tous les réglages des appareils ne soient pas touchés pendant la durée de l'essai).

25. Brancher le moniteur au magnétoscope et s'assurer que les images sur ruban et sur cassette à mémoire à bulles ont été convenablement enregistrées.

26. Mesurer le flux moyen de l'air au diffuseur à l'aide de la hotte et lire le débit d'alimentation sur le cadran. Alternativement, utiliser un anémomètre à fil chaud à quatre points sur la longueur du diffuseur, puis mesurer la surface d'ouverture du diffuseur pour calculer le débit du flux d'air.

27. Réduire le débit d'air d'alimentation (avec un système à volume d'air variable, monter le point de repère du thermostat de commande). Attendre jusqu'au rétablissement complet d'une bonne configuration d'arrière-plan puis reprendre l'essai à partir de l'étape 19. Idéalement, trois essais doivent être réalisés sur chaque diffuseur, soit un au flux maximal, un au flux minimal et un au flux moyen. Le technicien est ainsi en mesure de déterminer si la configuration de la circulation d'air change sur l'ensemble de laplage de flux.

28. Il est extrêmement important de conserver un carnet de notes et de numéroter à la fois les cassettes à mémoire à bulles et les cassettes vidéo à pied d'oeuvre. Les renseignements suivants doivent être consignés sur le carnet de notes :

- nom du bâtiment
- date et heure
- technicien(s)
- numéro du poste de travail
- croquis du poste de travail indiquant l'emplacement du diffuseur, des meubles, des panneaux de chauffage et du lecteur
- conditions spéciales (ex. : porte de bureau ouverte, cloison soulevée du sol, ventilateur supplémentaire en service)
- numéros des cassettes à mémoire à bulles et vidéo pour chaque essai ainsi que le genre d'essai, et les chiffres au compteur dumagnétoscope
- mesures d'air au diffuseur

29. Une fois les essais terminés, démonter le matériel. Poser solidement du ruban à conduit sur les trous percés dans la gaine d'alimentation.

30. Enlever le détendeur du N_20 et revisser le capuchon de la bouteille avant de changer d'endroit. Cette précaution est impérative lors de déplacements dans un ascenseur.

Une méthode analogue qui peut être employée avec la précédente ou comme autre solution consiste à lâcher le gaz de traçage à l'emplacement de l'occupant, à hauteur de

tête en position assise ou debout. La plupart des étapes indiquées sont identiques, si ce n'est que le tube de la bouteille de N_20 est soutenu et se termine au point où l'occupant travaille généralement.

Une troisième variante consiste à utiliser une plate-forme et une série de sorties (à des hauteurs de 100 mm, 600 mm, 1100 mm et 1700 mm au-dessus du sol) pour lâcher le N_20 à la verticale qui doit être vu sur un fond de panneaux chauffés.

5.3.4 Évaluation

Les renseignements obtenus sont enregistrés de deux façons :

- une image continue en mouvement sur cassette vidéo (certains arrêts du mouvement indiquent les points d'enregistrement d'images numériques sur IMAGPAC);
- des images fixes enregistrées numériquement sur les cassettes IMAGPAC mémoire à bulles.

Ces dernières sont les plus importantes et représentent les principaux documents utilisés pour l'analyse ultérieure; c'est la raison pour laquelle le magnétoscope n'est indiqué qu'à titre facultatif sur la liste du matériel du paragraphe 5.3.2. Cependant, les images du magnétoscope peuvent offrir une liaison utile entre les images numériques et peuvent être fort pratiques pour visualiser ce qui se passe réellement dans les configurations de flux d'air.

La première étape de l'analyse consiste à transférer les images des cassettes à mémoire à bulles sur disquettes de format IBM-PC. Pour cela, on branche le IMAGPAC à la porte-série d'un ordinateur IBM-PC (ou compatible) et on suit la méthode de transfert du programme du système de traitement de l'image Pericolor II.

Les images sont ensuite améliorées à l'aide du système Pericolor II. Pour chaque jeu d'images d'un agencement unique, l'image d'arrière-plan originale (étape 20, paragraphe 5.3.3) est supprimée de toutes les images suivantes. Les images restantes n'indiquent que le gaz de traçage et le bruit de fond. Si ce bruit de fond est important, on procède à un assourdissement pour réduire le bruit parasite et rendre l'apparence de la configuration du gaz de traçage plus uniforme.

Une échelle verticale et les données d'identification sont ensuite codées sur l'image et on tire une copie.

En étudiant les images, les points suivants doivent être considérés, à savoir :

1. Le temps pris pour atteindre un état stable
2. Si les configurations de l'alimentation d'air sont diffusées ou directes
3. La profondeur de pénétration de l'air d'alimentation
4. Si une partie quelconque de l'air d'alimentation passe directement dans le plénum de reprise sans s'écouler dans l'espace occupé
5. S'il existe des différences de configurations de flux provoquées pardes diffuseurs voisins de celui soumis aux essais

6. Les caractéristiques de chasse de la configuration, c'est-à-dire si le poste de travail est débarrassé du gaz de traçage rapidement et de façon uniforme, à un système différent selon les secteurs, ou pas du tout.

Lors de l'analyse de la configuration de la circulation d'air les questions suivantes doivent être étudiées :

- Est-ce que l'air d'alimentation descend jusqu'au niveau de l'occupant?
- Est-ce que l'air d'alimentation se mélange bien ou est-ce qu'il existe des poches d'air vicié?
- Est-ce que la configuration de la circulation change en fonction de changements du débit d'air d'alimentation?
- Est-ce que l'air vicié est chassés de l'espace?
- Existe-t-il différentes configurations de flux à diverses hauteurs?

Il est à remarquer que l'essai est réalisé à un endroit donné dans le temps et que les conditions de l'essai doivent refléter celles qui prévalent dans l'espace avec occupation et charges normales et avec des systèmes mécaniques et de commande fonctionnant de façon habituelle. Les conditions matérielles et environnementales du poste de travail doivent également être remarquées si les conclusions doivent s'appliquer à d'autres endroits analogues.

5.3.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Dans le cas des essais de microcirculation, les renseignements suivants peuvent servir de guide afin d'établir les besoins exigés pour les essais de configuration d'air de circulation à l'aide de protoxyde d'azote.

Emballage du matériel	4 heures
déballage et vérification du matériel	1 heure
montage et exécution à chaque emplacement d'essai (2 personnes)	1.5 h/essai
emballage et transport du matériel	2 heures
analyse complète et documentation (par emplacement)	8 heures

5.4 LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures